

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-143793

(43)Date of publication of application : 02.06.1995

(51)Int.CI.

H02P 7/29

**B60L 13/04**

**G05F 1/56**

H01F 7/18

H02P 7/00

(21)Application number : 06-202518

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD

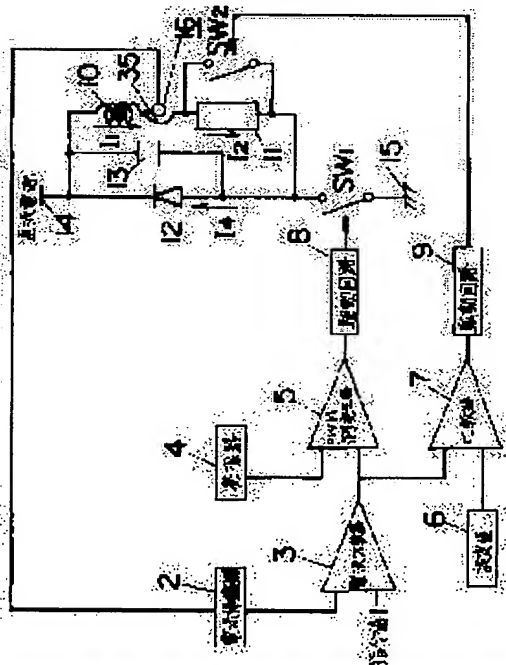
(22)Date of filing : 26.08.1994

(72)Inventor : TOUGEYAMA HIROHIKO  
HARA KUNIO  
MAKINO SHIGERU

(30)Priority

Priority number : 05211913      Priority date : 26.08.1993      Priority country : JP

#### (54) CONTROLLER FOR INDUCTIVE LOAD



(57)Abstract:

**PURPOSE:** To enhance current response by reducing current generated by the energy stored in an inductive load.

**CONSTITUTION:** A current sensor 16 detects current flowing into an inductive load 10 constantly and delivers a detection signal having level corresponding to the magnitude of detected current as a feedback signal for constant current control. When a command value 1 drops below the value of detected current, a current comparator 3 interrupts the output and turns a switching element SW1 OFF. A comparator 7 receiving a signal from the current comparator 3 is also turned OFF thus turning OFF a switching element SW2 connected in parallel with an impedance element 11. When the switching element SW1 is turned OFF, energy stored in the inductive load 10 circulated through the detection coil 35 of the current detection sensor 16, the impedance element 11, and a diode 12 but since the time constant of circuit is decreased by the impedance element 11, the current is attenuated steeply.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.05.1997

[Date of sending the examiner's decision of 09.01.2001 rejection]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-143793

(43)公開日 平成7年(1995)6月2日

(51)IntCl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 7/29		B 4238-5H		
B 6 0 L 13/04		A 8625-5H		
G 0 5 F 1/56	3 3 0	C 4237-5H		
H 0 1 F 7/18		Z		
		L		

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 30 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-202518

(22)出願日 平成6年(1994)8月26日

(31)優先権主張番号 特願平5-211913

(32)優先日 平5(1993)8月26日

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72)発明者 峠山 裕彦

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 原 都男

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

(72)発明者 牧野 滋

大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

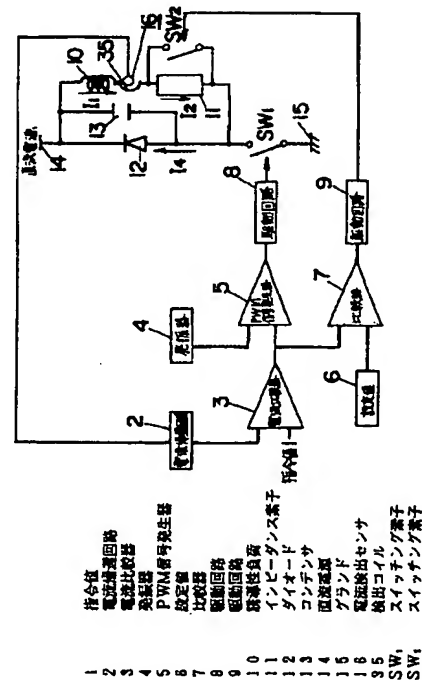
(74)代理人 弁理士 石田 長七 (外2名)

(54)【発明の名称】 誘導性負荷制御装置

(57)【要約】

【目的】誘導性負荷の蓄積エネルギーにより発生する電流を小さくして電流応答性を高めた誘導性負荷制御装置を提供するにある。

【構成】電流検出センサ16は、誘導性負荷10に流れる電流を常時検出し定電流制御のフィードバック信号として検出電流の大きさに応じたレベルの検出信号を出力する。電流比較器3は指令値1が検出電流値以下となったときに出力をオフしてスイッチング素子SW<sub>1</sub>をオフする。この電流比較器3の信号を入力する比較器7もオフして、インピーダンス素子11に並列に接続してあるスイッチング素子SW<sub>2</sub>をオフする。スイッチング素子SW<sub>1</sub>のオフにより誘導性負荷10の蓄積エネルギーが電流検出センサ16の検出コイル35、インピーダンス素子11、ダイオード12を通じて循環するが、インピーダンス素子11により回路時定数が小さくなっているため電流は急峻に減衰することになる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 負荷電流を供給する電源と、誘導性負荷に直列に接続されて誘導性負荷に流れる負荷電流を検出する電流検出手段と、所定の供給電流値を得るための指令値と電流検出手段の検出電流値とを比較する比較手段と、この比較手段の比較により指令値が検出電流値より小さい時に検出電流を小さくする駆動手段とを備え、この駆動手段を制御することを特徴とする誘導性負荷制御装置。

【請求項 2】 上記誘導性負荷に流れる負荷電流を上記誘導性負荷に直列に接続したスイッチング手段のスイッチングを PWM 制御して負荷電流を定電流駆動する定電流駆動手段を備えたことを特徴とする請求項 1 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 3】 上記電流検出手段に、上記誘導性負荷に直列に接続した検出コイルと、この検出コイルに負荷電流の大きさに応じて発生する磁束量を電気信号に変換するホール素子とを備えた電流検出センサを用いたことを特徴とする請求項 1 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 4】 上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子と、このインピーダンス素子と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、このスイッチング手段を制御して上記誘導性負荷の電流路の回路時定数を変化させることを特徴とする請求項 1 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 5】 上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続した抵抗器と、この抵抗器と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、このスイッチング手段を制御して上記誘導性負荷の電流路の回路時定数を変化させることを特徴とする請求項 1 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 6】 上記駆動手段を、上記誘導性負荷と同一巻数で且つ巻方向が反対で、上記誘導性負荷に直列に接続した別の誘導性負荷と、この別の誘導性負荷と並列に接続したスイッチング手段とで構成され、このスイッチング手段を制御して両誘導性負荷にて発生する磁束量を変化させることを特徴とする請求項 1 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 7】 上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続した抵抗器と、この抵抗器と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、上記比較手段の比較により求められる指令値と検出電流値との差分電流値の大きさに基づいて上記スイッチング手段を制御することを特徴とする請求項 1 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 8】 上記誘導性負荷に直列接続された第 1 のスイッチング手段と、上記比較手段にて取り出された指令値と検出電流値との差分電流値の大きさに応じて第 1 のスイッチング手段のスイッチングを制御して負荷電流を定電流とする定電流駆動用の駆動パルスを連続的に発生する手段とからなる定電流駆動手段を備えるとともに、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子

(2)

2

と、このインピーダンス素子と並列に接続した第 2 のスイッチング手段とで構成した上記駆動手段を備え、第 2 のスイッチング手段を上記定電流駆動用の駆動パルスが連続的に発生している間はオンし、上記定電流駆動用の駆動パルスの終端より所定時間を越えて次の定電流駆動用の駆動パルスの発生が無ければオフさせることを特徴とする請求項 1 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 9】 上記誘導性負荷の磁束方向、磁束密度を測定する手段を備えるとともに、上記誘導性負荷と同一巻数で且つ巻方向が反対で、上記誘導性負荷に直列に接続した別の誘導性負荷と、この別の誘導性負荷と並列に接続したスイッチング手段とで構成された上記駆動手段を備え、上記磁束方向、磁束密度を測定する手段の測定値に基づいて上記スイッチング手段を制御することを特徴とする請求項 1 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 10】 上記誘導性負荷に印加されていた電圧を遮断し、回路内で電流を循環させる手段と、誘導性負荷に蓄えられた電気的エネルギーを入力電源に回生させる手段とを備え、負荷電流を減少させるタイミングで電流を回路内で循環させていた状態から入力電源に回生させる状態へと切り換える制御と、該制御により負荷電流が電流指令値以下となったタイミングで、電流を上記入力電源に回生させる状態から回路内で循環させる状態或いは上記誘導性負荷に電圧を供給させ電流を流す状態へと切り換える制御とを行なうことを特徴とする請求項 2 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 11】 上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項 10 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 12】 上記誘導性負荷に対して与える電流指令値の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項 10 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 13】 上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項 10 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 14】 上記スイッチング手段をスイッチングするために与える定電流駆動用の駆動パルスが一定時間オフ状態になった時に、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項 10 記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項 15】 上記駆動パルスが、最終の駆動パルスか

らPWM基準三角波の1周期を過ぎてもオフ状態である時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項14記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項16】上記駆動パルスの立ち下がり時間を計測し、最終の駆動パルスの立ち下がりからその最終駆動パルスの立ち下がり間隔時間を過ぎてもオフ状態である時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項14記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項17】上記スイッチング素子をスイッチングするために与える定電流駆動用の駆動パルスがオフ状態からオン状態に変化した時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から上記誘導性負荷に電圧を印加して負荷電流を流す状態若しくは回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項10記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項18】上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項10記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項19】上記誘導性負荷に対して与える電流指令値の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項10記載の誘導性負荷制御装置。

【請求項20】上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうことを特徴とする請求項10記載の誘導性負荷制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気浮上装置、磁気応用搬送装置、電磁ソレノイド等の磁気力応用装置の誘導性負荷制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来磁気浮上に用いられる軸受け及び磁気浮上搬送として使用される磁気浮上装置及びモータ駆動制御装置における誘導性負荷に対する通電をオフとした時に誘導性負荷のエネルギーを急速に消滅する装置としては、例えば特公昭62-27523号に示されたが知られている。

【0003】この装置は誘導性負荷をダイオードとツェ

ナーダイオードとの直列回路に並列に接続しており、誘導性負荷に対する通電をオフした時に、誘導性負荷の蓄積エネルギーがツェナーダイオードとダイオードとを介して循環電流として回るようになっており、ツェナーダイオードのツェナー電圧を高くすることにより、誘導性負荷のエネルギーを早く消滅させ、励磁電流が消滅するまでの時間を短縮するようにしている。

【0004】また従来磁気浮上に用いられる軸受け及び磁気浮上搬送として使用される磁気浮上装置（例えば特開平2-163511号）では、一対の電磁石で移動体を吸引して移動体を浮上させる。一対の電磁石に流す電流は変位センサより位相補償回路を経て電力増幅器で制御されるようになっており、移動体の変化に対しては変位センサ及び位相補償回路により追従させるようにしてあるが、電磁石と並列にダイオードを接続してあるため、急激な移動体の変化において、電磁石の蓄積エネルギーがダイオードを介して循環電流として流れ、電磁石の吸引が瞬時に応答できない。

【0005】またブリッジ型可逆チョップ回路を構成するスイッチング素子をスイッチングすることによるDCサーボモータの制御方式において、印加している電圧をオフにした後に流れる循環電流を早く消滅させる方法として例えば、特開平2-142377号が示されている。この方法は、一つのスイッチング周期にモータ駆動電流を増加させる制御と、モータ駆動電流を前記ブリッジ型可逆チョップ回路内において循環させる制御と、モータ駆動電流を入力電源に回生させる制御を順次行い、一つのスイッチング周期で減衰しきれず、数サイクル先まで負荷電流が流れ続けてしまうことを防止し、高速且つ安定した制御を行なうことを可能としたものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで特公昭62-27523号に示される装置では、大きな誘導性負荷を使用して誘導性負荷に流す電流のオン、オフを繰り返すと誘導性負荷の蓄積エネルギーが膨大なため、誘導性負荷にダイオードを介して並列に接続される許容容量が小さいツェナーダイオードでは高負荷エネルギーを吸収することができず、そのため大きな誘導性負荷を制御することができない。また誘導性負荷の通電をオフした際の循環電流を計測していないため、指令値に対する追従制御ができず、移動体との応答速度を変換することができないという問題があった。

【0007】また上記特開平2-142377号で示される方法では、常時、1回のスイッチング周期内で、モータ駆動電流を増加させる制御、モータ駆動電流を入力電源に回生させる制御を順次行なうために、図34に示すように誘導性負荷に一定の電流を流す際の電流脈動が大きくなってしまふ。そのため微小な電流変化で動作する誘導性負荷の制御には適さないという問題があった。尚図34中t aは1サイクルにおいて入力電源電圧を印

加して電流を流す制御区間、 $t_b$ は回路内を電流を循環させている制御区間、 $t_c$ は入力電源に電流を回生させている制御区間を夫々示す。

【0008】本発明は上述の問題点に鑑みて為されたもので、請求項1の発明の目的とするところは誘導性負荷の負荷電流のオフ時において誘導性負荷の蓄積エネルギーにより発生する電流を急速に消滅させて電流応答性を高めた誘導性負荷制御装置を提供するにある。請求項2の発明の目的とするところは、誘導性負荷への供給電流の制御を発熱を抑えて行える誘導性負荷制御装置を提供するにある。

【0009】請求項3の発明の目的とするところは、誘導性負荷の電流路の抵抗値を変化させずに電流過度応答性の安定を図って負荷電流の検出が行える誘導性負荷制御装置を提供するにある。請求項4、請求項5、請求項7、請求項8の発明の目的とするところは誘導性負荷の電流路の回路時定数を小さくして電流応答性を高めた誘導性負荷制御装置を提供するにある。

【0010】請求項6、請求項9の発明の目的とするところは誘導性負荷の磁束を別の誘導性負荷の磁束で打ち消して電流応答性を高めた誘導性負荷制御装置を提供するにある。請求項10、請求項11、請求項17、請求項18の発明の目的とするところは脈動の少ない指令電流値通りの負荷電流が得られる誘導性負荷制御装置を提供するにある。

【0011】請求項12、19の発明の目的とするところは、請求項10、11の発明の目的に加えて、より高速にスイッチング手段の動作タイミングを検知することが可能な誘導性負荷制御装置を提供するにある。請求項13、20の発明の目的とするところは、請求項12、19の発明の目的に加えて、より信頼性を向上することが出来る誘導性負荷制御装置を提供するにある。

【0012】請求項14の発明の目的とするところは、請求項10、11の目的に加えて、よりノイズに強く信頼性を向上することが出来る誘導性負荷制御装置を提供するにある。請求項15、16の発明の目的とするところは、請求項14の目的に加えて、最短時間で電流の減少し始める時間を検知することが可能な誘導性負荷制御装置を提供するにある。

#### 【0013】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、請求項1の発明は、負荷電流を供給する電源と、誘導性負荷に直列に接続されて誘導性負荷に流れる負荷電流を検出する電流検出手段と、所定の供給電流値を得るための指令値と電流検出手段の検出電流値とを比較する比較手段と、この比較手段の比較により指令値が検出電流値より小さい時に検出電流を小さくする駆動手段とを備え、この駆動手段を制御するものである。

【0014】請求項2の発明は、請求項1の発明において、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を上記誘導性負荷

に直列に接続したスイッチング手段のスイッチングをPWM制御して負荷電流を定電流駆動する定電流駆動手段を備えたものである。請求項3の発明は、請求項1の発明において、上記電流検出手段に、上記誘導性負荷に直列に接続した検出コイルと、この検出コイルに負荷電流の大きさに応じて発生する磁束量を電気信号に変換するホール素子とを備えた電流検出センサを用いたものである。

【0015】請求項4の発明は、請求項1の発明において、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子と、このインピーダンス素子と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、このスイッチング手段を制御して上記誘導性負荷の電流路の回路時定数を変化させるものである。請求項5の発明は、請求項1の発明において、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続した抵抗器と、この抵抗器と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、このスイッチング手段を制御して上記誘導性負荷の電流路の回路時定数を変化させるものである。

【0016】請求項6の発明は、請求項1の発明において、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と同一巻数で且つ巻方向が反対で、上記誘導性負荷に直列に接続した別の誘導性負荷と、この別の誘導性負荷と並列に接続したスイッチング手段とで構成され、このスイッチング手段を制御して両誘導性負荷にて発生する磁束量を変化させるものである。

【0017】請求項7の発明は、請求項1の発明において、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続した抵抗器と、この抵抗器と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、上記比較手段の比較により求められる指令値と検出電流値との差分電流値の大きさに基づいて上記スイッチング手段を制御するものである。請求項8の発明は、請求項1の発明において、上記誘導性負荷に直列接続された第1のスイッチング手段と、上記比較手段にて取り出された指令値と検出電流値との差分電流値の大きさに応じて第1のスイッチング手段のスイッチングを制御して負荷電流を定電流とする定電流駆動用の駆動パルスを連続的に発生する手段とからなる定電流駆動手段を備え、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子と、このインピーダンス素子と並列に接続した第2のスイッチング手段とで構成した上記駆動手段を備え、第2のスイッチング手段を上記定電流駆動用の駆動パルスが連続的に発生している間はオンし、上記定電流駆動用の駆動パルスの終端より所定時間を越えて次の定電流駆動用の駆動パルスの発生が無ければオフさせるものである。

【0018】請求項9の発明は、請求項1の発明において、上記誘導性負荷の磁束方向、磁束密度を測定する手段を備え、上記誘導性負荷と同一巻数で且つ巻方向が反対で、上記誘導性負荷に直列に接続した別の

誘導性負荷と、この別の誘導性負荷と並列に接続したスイッチング手段とで構成された上記駆動手段を備え、上記磁束方向、磁束密度を測定する手段の測定値に基づいて上記スイッチング手段を制御するものである。

【0019】請求項10の発明は、請求項2の発明において、上記誘導性負荷に印加されていた電圧を遮断し、回路内で電流を循環させる手段と、誘導性負荷に蓄えられた電氣的エネルギーを入力電源に回生させる手段とを備え、負荷電流を減少させるタイミングで電流を回路内で循環させていた状態から入力電源に回生させる状態へと切り換える制御と、該制御により負荷電流が電流指令値以下となったタイミングで、電流を上記入力電源に回生させる状態から回路内で循環させる状態或いは上記誘導性負荷に電圧を供給させ電流を流す状態へと切り換える制御とを行なうものである。

【0020】請求項11の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうものである。請求項12の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうものである。

【0021】請求項13の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうものである。請求項14の発明は、請求項10の発明において、上記スイッチング手段をスイッチングするために与える定電流駆動用の駆動パルスが一定時間オフ状態になった時に、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうものである。

【0022】請求項15の発明は、請求項14の発明において、上記駆動パルスが、最終の駆動パルスからPWM基準三角波の1周期を過ぎてもオフ状態である時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうものである。請求項16の発明は、請求項14の発明において、上記駆動パルスの立ち下がり間の時間を計測し、最終の駆動パルスの立ち下がりからその最終駆動パルスの立ち下がり間隔時間を過ぎてもオフ状態である時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうものである。

【0023】請求項17の発明は、請求項10の発明に

において、上記スイッチング素子をスイッチングするために与える定電流駆動用の駆動パルスがオフ状態からオン状態に変化した時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から上記誘導性負荷に電圧を印加して負荷電流を流す状態若しくは回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうものである。

【0024】請求項18の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうものである。請求項19の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうものである。

【0025】請求項20の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうものである。

【0026】

【作用】請求項1の発明によれば、負荷電流を供給する電源と、誘導性負荷に直列に接続されて誘導性負荷に流れる負荷電流を検出する電流検出手段と、所定の供給電流値を得るための指令値と電流検出手段の検出電流値とを比較する比較手段と、この比較手段の比較により指令値が検出電流値より小さい時に検出電流を小さくする駆動手段とを備え、この駆動手段を制御するので、誘導性負荷への電流供給をオフさせた時に誘導性負荷の蓄積エネルギーの放出により流れる負荷電流を抑えることができ、そのため誘導性負荷の電流応答性を高めることができ、その結果指令値に対する供給電流の追従制御が可能となり、単一方向駆動での誘導性負荷を高速アナログ制御することが実現できる。

【0027】請求項2の発明によれば、誘導性負荷に流れる負荷電流を上記誘導性負荷に直列に接続したスイッチング手段のスイッチングをPWM制御して負荷電流を定電流駆動する定電流駆動手段を備えたので、電力損失を小さくして発熱を抑えた負荷電流の制御が可能となる。請求項3の発明によれば、上記電流検出手段に、上記誘導性負荷に直列に接続した検出コイルと、この検出コイルに負荷電流の大きさに応じて発生する磁束量を電気信号に変換するホール素子とを備えた電流検出センサを用いたので、誘導性負荷の電流路に抵抗が入らず、そのため発熱による電流路の抵抗値変化等が起きず、安定した負荷電流検出が行える。



【0028】請求項4の発明によれば、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子と、このインピーダンス素子と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、このスイッチング手段を制御して上記誘導性負荷の電流路の回路時定数を変化させるものであり、また請求項5の発明によれば、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続した抵抗器と、この抵抗器と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、このスイッチング手段を制御して上記誘導性負荷の電流路の回路時定数を変化させるものであるから、誘導性負荷への電流供給のオフ時に蓄積エネルギーの放出で流れる電流を回路時定数を小さくすることにより急速に減衰させて電流応答性を高めることができる。

【0029】請求項6の発明によれば、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と同一巻数で且つ巻方向が反対で、上記誘導性負荷に直列に接続した別の誘導性負荷と、この別の誘導性負荷と並列に接続したスイッチング手段とで構成され、このスイッチング手段を制御して両誘導性負荷にて発生する磁束量を変化させるものであるから、誘導性負荷への電流供給をオフさせた時に、誘導性負荷の磁束を別の誘導性負荷の磁束で打ち消し、誘導性負荷の蓄積エネルギーの放出による負荷電流を急速に減衰させて電流応答性を高めることができる。

【0030】請求項7の発明によれば、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子と、このインピーダンス素子と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、上記比較手段の比較により求められる指令値と検出電流値との差分電流値の大きさに基づいて上記スイッチング手段を制御するものであり、請求項8の発明によれば、上記誘導性負荷に直列接続された第1のスイッチング手段と、上記比較手段にて取り出された指令値と検出電流値との差分電流値の大きさに応じて第1のスイッチング手段のスイッチングを制御して負荷電流を定電流とする定電流駆動用の駆動パルスを連続的に発生する手段とからなる定電流駆動手段を備えるとともに、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子と、このインピーダンス素子と並列に接続した第2のスイッチング手段とで構成した上記駆動手段を備え、第2のスイッチング手段を上記定電流駆動用の駆動パルスが連続的に発生している間はオンし、上記定電流駆動用の駆動パルスの終端より所定時間を越えて次の定電流駆動用の駆動パルスの発生が無ければオフさせるものであるから、請求項4と同様な作用を為す。

【0031】請求項9の発明によれば、請求項1の発明において、上記誘導性負荷の磁束方向、磁束密度を測定する手段を備えるとともに、上記誘導性負荷と同一巻数で且つ巻方向が反対で、上記誘導性負荷に直列に接続した別の誘導性負荷と、この別の誘導性負荷と並列に接続したスイッチング手段とで構成された上記駆動手段を備え、上記磁束方向、磁束密度を測定する手段の測定値に

基づいて上記スイッチング手段を制御するものであるから、請求項6と同様な作用を為す。

【0032】請求項10の発明によれば、請求項2の発明において、上記誘導性負荷に印加されていた電圧を遮断し、回路内で電流を循環させる手段と、誘導性負荷に蓄えられた電氣的エネルギーを入力電源に回生させる手段とを備え、負荷電流を減少させるタイミングで電流を回路内で循環させていた状態から入力電源に回生させる状態へと切り換える制御と、該制御により負荷電流が電流指令値以下となったタイミングで、電流を上記入力電源に回生させる状態から回路内で循環させる状態或いは上記誘導性負荷に電圧を供給させ電流を流す状態へと切り換える制御とを行なうので、また請求項11の発明によれば、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうので、更に請求項17は、請求項10の発明において、上記スイッチング素子をスイッチングするために与える定電流駆動用の駆動パルスがオフ状態からオン状態に変化した時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から上記誘導性負荷に電圧を印加して負荷電流を流す状態若しくは回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうので、又更に請求項18の発明によれば、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうので、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上する。

【0033】請求項12の発明によれば、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうので、また請求項19の発明によれば、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうので、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上するのは勿論のこと、急激に変化する微分信号によってより高速にスイッチング手段の動作タイミングを検知することができる。

【0034】請求項13の発明によれば、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循



環させていた状態から上記入力電源に再生させる状態へと切り換える制御を行なうので、また請求項 20 の発明によれば、請求項 10 の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に再生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうから、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上するのは勿論のこと、急激に変化する微分信号によってより高速にスイッチング手段の動作タイミングを検知することができ、その上実際の負荷電流を見てスイッチング手段の切り換えのタイミングを実際の負荷電流のタイミングで判断することになり、信頼性が向上する。請求項 14 の発明によれば、請求項 10 の発明において、上記スイッチング手段をスイッチングするために与える定電流駆動用の駆動パルスが一定時間オフ状態になった時に、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に再生させる状態へと切り換える制御を行なうので、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上するのは勿論のこと、デジタル信号を扱うことになってノイズに強く信頼性を向上することができる。

【0035】請求項 15 の発明によれば、請求項 14 の発明において、上記駆動パルスが、最終の駆動パルスから PWM 基準三角波の 1 周期を過ぎてもオフ状態である時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に再生させる状態へと切り換える制御を行なうので、また請求項 16 の発明によれば、請求項 14 の発明において、上記駆動パルス間隔を計測し、最終の駆動パルスからその最終駆動パルスのパルス間隔時間を過ぎてもオフ状態である時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に再生させる状態へと切り換える制御を行なうので、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上するのは勿論のこと、デジタル信号を扱うことになってノイズに強く信頼性を向上することができ、その上最短時間で電流の減少し始める時間を検知することが可能となる。

【0036】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

(実施例 1) 図 1 は、本実施例の回路構成を示しており、この実施例回路では直流電源 14 に誘導性負荷 10 を電流検出センサ 16 の検出コイル 35、インピーダンス素子 11、第 1 のスイッチング素子  $SW_1$  を介して接続するとともに、誘導性負荷 10、電流検出センサ 16 の検出コイル 35、インピーダンス素子 11 の直列に回路にはコンデンサ 13 とダイオード 12 とを夫々並列に接続してある。またインピーダンス素子 11 には第 2 の

スイッチング素子  $SW_2$  を並列に接続してある。

【0037】電流検出センサ 16 は図 2 に示すように検出コイル 35 を巻回してあるコア 34 で誘導性負荷 10 に流れる負荷電流の大きさに比例した量の磁束を発生させ、コア 34 の一部に設けたギャップ間に挿入してあるホール素子 41 でこの磁束を検出して、誘導性負荷 10 に流れる電流の大きさに比例したレベルの電気信号に変換し、この変換した電気信号を増幅回路 38、フィルタ 39 を介してノイズ除去した後安定した検出信号として出力する。ここでホール素子 41 は電源電圧  $V_{cc}$  が印加され、またオフセット調整部 37 によりオフセット調整が行われるようになっている。コア 34 のギャップに発生する磁束密度  $B$  は、 $B = I (\mu_0 / L)$  の式で表され、この式で検出コイル 35 に流れる電流、つまり誘導性負荷 10 に流れる電流に比例した量の磁束が発生し、この磁束量の大きさをホール素子 41 で電気信号のレベルに変換するのである。このように電流検出センサ 16 は抵抗負荷を使用しないため発熱せず、発熱による抵抗値変換が起きないため負荷電流が流れる電流路の時定数を変化させることがなく、安定した負荷電流の検出が行える。

【0038】さて上述のように構成された電流検出センサ 16 の検出信号のレベルは電流帰還回路 2 を介して電流比較器 3 に入力し、誘導性負荷 10 に流す目標供給電流値、つまり電流指令値（以下指令値と略す）1 と比較される。電流比較器 3 はこの比較に基づいて誘導性負荷 10 に流す電流値に対応するレベルの信号を出力する。この信号のレベルは発振器 4 から出力される三角波と PWM 信号発生器 5 により比較されて PWM 信号のパルス信号に変換される。

【0039】この PWM 信号は電流駆動用の駆動回路 8 を通じてスイッチング素子  $SW_1$  をオン、オフさせる。このスイッチング素子  $SW_1$  のオン、オフにより、直流電源 14 からパルス状の負荷電流が誘導性負荷 10 に流れる。尚スイッチング素子  $SW_1$  は電圧駆動型スイッチング素子からなり、定電流駆動により発熱が押さえられ消費電力の低減が図られている。

【0040】インピーダンス素子 11 に並列に接続してあるスイッチング素子  $SW_2$  は、電流比較器 3 の出力信号の出力レベルと設定値 6 とを比較する比較器 7 の比較出力で循環電流駆動用の駆動回路 9 を通じて駆動されるものであり、比較器 7 は指令値 1 が電流検出センサ 16 で検出される誘導性負荷 10 に流れる電流値より小さくなって電流比較器 6 がオフ状態となるまでは、駆動回路 9 を通じてスイッチング素子  $SW_2$  をオンさせる比較出力を発生させ、電流比較器 6 がオフ状態となった時に比較出力の発生をオフしてスイッチング素子  $SW_2$  をオフする。

【0041】而して、本実施例装置では直流電源 14 が投入されて動作を開始し、指令値 1 より電流検出センサ

16の検出電流値、つまり誘導性負荷10に流れる電流値が小さい状態では、スイッチング素子SW<sub>1</sub>は連続的に発生するPWM信号でオン、オフ駆動され、一方スイッチング素子SW<sub>2</sub>はオン状態となる。この動作状態でスイッチング素子SW<sub>1</sub>がオンとなった時には直流電源14、誘導性負荷10、電流検出センサ16の検出コイル35、スイッチング素子SW<sub>1</sub>、SW<sub>2</sub>、グラウンド15を通じて誘導性負荷10には電流I<sub>1</sub>が流れ、スイッチング素子SW<sub>1</sub>がオフとなった時には誘導性負荷10の蓄積エネルギーが、電流検出センサ16の検出コイル35、スイッチング素子SW<sub>2</sub>、ダイオード12を通じて電流I<sub>4</sub>として流れて直流電源14へ帰還することになる。

【0042】コンデンサ13はダイオード12に電流I<sub>4</sub>が流れる時に発生するサージを吸収するためのものである。上述のようにスイッチング素子SW<sub>1</sub>をPWM信号によってオン、オフ駆動している時には誘導性負荷10に流れる電流を電流検出センサ16が常時検出することができるため、定電流制御のためのフィードバック信号たる検出信号が得られることになる。

【0043】次に指令値1が検出電流値以下となった時には電流比較器3はオフ状態となる。このオフ状態によりPWM信号発生器5の出力がオフとなってスイッチング素子SW<sub>1</sub>はオフとなる。一方比較器7においても比較出力がオフとなり、スイッチング素子SW<sub>2</sub>もオフとなる。従って誘導性負荷10の蓄積エネルギーが電流検出センサ16の検出コイル35、インピーダンス素子11、ダイオード12を通じて循環し、ダイオード12のオン電圧まで継続するが、誘導性負荷10にインピーダンス素子11が直列回路に接続され回路時定数が小さくなっているため、その時の電流は急峻に減衰することになる。つまり誘導性負荷10の応答性が向上することになる。

【0044】（実施例2）本実施例は、図3に示すように基本的には実施例1と同様なインピーダンス素子11の接続構成を有するものであるが、誘導性負荷10に直列に接続されるインピーダンス素子11に並列接続されるスイッチング素子SW<sub>2</sub>の制御及びこの並列回路とグラウンド15との間に接続されるスイッチング素子SW<sub>1</sub>の制御を図4に示すフローチャートに基づいて行うものである。尚電流検出センサ16の検出信号を用いた誘導性負荷10への電流供給制御系の回路の図示及び説明は省略する。

【0045】而して本実施例では、装置をスタート（ステップS<sub>1</sub>）させると、まずステップS<sub>2</sub>で初期設定としてスイッチング素子SW<sub>1</sub>をオフ、SW<sub>2</sub>をオンさせる。この状態では誘導性負荷10には電流は流れない。次にステップS<sub>3</sub>でスイッチング素子SW<sub>1</sub>をオン状態にすると、誘導性負荷10には電流I<sub>1</sub>が流れ始める

（ステップS<sub>4</sub>）。この時の電流の流れは、図3におい

て、I<sub>1</sub>→I<sub>2</sub>となる。次に負荷電流が増大した場合等において、スイッチング素子SW<sub>1</sub>、SW<sub>2</sub>を共にオフ（ステップS<sub>5</sub>）すると、誘導性負荷10の蓄積エネルギーにより電流は図3において、I<sub>1</sub>→I<sub>3</sub>→I<sub>4</sub>のように循環し始め、ダイオード12のオン電圧に等しくなるまで循環が継続する。ここでインピーダンス素子11が循環経路に接続されているため、回路時定数が小さくなり、誘導性負荷10に流れていた電流が早く減衰する

（ステップS<sub>6</sub>）。つまり継続時間が短くなり電流応答性が改善できる。この減衰後誘導性負荷10への通電を終了するかどうかを判定し（ステップS<sub>7</sub>）、再度誘導性負荷10に通電を行う場合にはステップS<sub>8</sub>でスイッチング素子SW<sub>1</sub>をオフ、スイッチング素子SW<sub>2</sub>をオンした後ステップS<sub>3</sub>へ戻る。また通電を行わない場合にはステップS<sub>9</sub>で制御を終了する。

【0046】（実施例3）本実施例は、図5に示すように実施例2に於けるインピーダンス素子11として抵抗器17を用いたものであり、回路動作は実施例2と同じである。尚同じ動作を為す要素には実施例2の回路の要素と同じ番号、記号を付してある。本実施例において誘導性負荷10のインダクタンスL、抵抗器17の抵抗値をR、誘導性負荷10に当初流れていた電流をI<sub>1</sub>とすると、スイッチング素子SW<sub>1</sub>を急激にオフさせた時に流れる電流i(t)は、

$$i(t) = I_1 \cdot e^{-(R/L)t} \quad \text{この回路の時定数} = L/R$$

と表せることができる。

【0047】而して本実施例装置ではスイッチング素子SW<sub>1</sub>をオフしたと同時にスイッチング素子SW<sub>2</sub>をオフしてやれば、抵抗器17が接続されたことになり、I<sub>1</sub>→I<sub>3</sub>→I<sub>4</sub>と流れる循環電流は、抵抗器17が接続されない場合の循環電流（図6(a)）の場合に比べて図6(b)に示すように急速に減衰して電流応答性が良くなる。

【0048】（実施例4）本実施例は、図7に示すように誘導性負荷10と同一コアに同じ巻数で且つ巻方向が反対となるように巻装した誘導性負荷18を誘導性負荷10に直列に接続した、この誘導性負荷18を上記実施例2のインピーダンス素子11の代わりに用いたものである。尚図7において実施例2の回路要素と同じ動作を為す回路要素には同じ番号、記号を付してある。

【0049】次に本実施例装置の動作を図8の波形図と、図9のフローチャートに基づいて説明する。而して図9に示すように装置をスタート（ステップS<sub>1</sub>）させると、まずステップS<sub>2</sub>で初期設定としてスイッチング素子SW<sub>1</sub>をオフ、SW<sub>2</sub>をオンさせる。この状態では誘導性負荷10には電流は流れない。次に供給電流の指令値を図8(a)に示すように制御部（図示せず）に与えて、ステップS<sub>3</sub>でスイッチング素子SW<sub>1</sub>をオン状態にすると、誘導性負荷10には図8(b)に示すよう

に電流  $I_1$  が流れ始める（ステップ  $S_4$ ）。この時の電流  $I_1$  の流れにより誘導性負荷 10 には発生する磁界の磁束密度は図 8（c）に示すようになり、また電流の流れは、図 7 において、 $I_1 \rightarrow I_2$  となる。次に負荷電流が指令値を越えた場合等において、スイッチング素子  $SW_1$ 、 $SW_2$  を共にオフ（ステップ  $S_5$ ）すると、誘導性負荷 10 の蓄積エネルギーにより、直列に接続された誘導性負荷 18 に電流が流れ込み、誘導性負荷 10 とは逆向きの磁界（図 8（d）は誘導性負荷 18 に発生する磁界の磁束密度を示す）が発生する。この誘導性負荷 18 によって発生した磁界によって今まで流れていた電流とは逆向きの電流が図 8（e）に示すように流れ込み、互いに相殺しあって、オフ時の、 $I_1 \rightarrow I_3 \rightarrow I_4$  の循環電流が図 8（f）に示すように早く減衰し、電流応答性が良くなる。

【0050】（実施例 5）実施例 1 では指令値 1 と、電流検出センサ 16 の検出電流値とを電流比較器 3 で比較しているものであるが、本実施例では図 10 に示すように指令値 1 と、検出電流値との減算を行う減算回路 19 を比較手段として用い、この減算回路 19 で得た差分電流値に対する出力信号のレベルと、発振器 25 の三角波の信号とを PWM 信号発生器 26 で比較して PWM 信号を得、駆動回路 27 を通じてスイッチング素子  $SW_1$  をオン、オフすることにより誘導性負荷 10 への供給電流が一定となるようにを制御する。一方減算回路 19 で得た差分電流値と予め設定してある設定値 20、22 とを夫々比較器 21、23 で比較し、比較器 21、22 の夫々の比較出力でタイミング検出回路 24 のセットパルス信号  $PA$  と、リセットパルス信号  $RS$  を得るようになっている。タイミング検出回路 24 は出力信号でスイッチング素子  $SW_1$  を制御するものである。尚本実施例の回路構成において実施例 1 の回路要素と同じ動作をするものについては同じ番号、記号を付してある。

【0051】而して本実施例では装置が動作し、図 11（a）に示す指令値 1 が減算回路 19 に与えられると、減算回路 19 では図 11（b）に示す電流検出センサ 16 の検出電流値との減算を行ない、その差分電流値に対応したレベルの出力信号を図 11（c）に示すように出力する。この出力信号のレベルは設定値 20、22 と比較器 21、23 で夫々比較され、設定値 20 を差分電流値が越えると、比較器 21 は図 11（d）に示すように出力をオンし、設定値 22 を差分電流値が越えると、比較器 21 は図 11（e）に示すように出力をオフする。

【0052】つまり指令値 1 が電流検出センサ 16 の検出電流値より小さくなると、減算回路 19 の出力が負になり、PWM 信号発生器 26 がオフとなってスイッチング素子  $SW_1$  がオフとなる。この時比較器 21 の出力がオン、比較器 23 の出力がオフし、比較器 21 の出力の立ち上がりでタイミング検出回路 24 はセット状態となり、スイッチング素子  $SW_2$  の駆動信号を図 11（f）

に示すようにオフする。

【0053】このオフにより誘導性負荷 10 にはインピーダンス素子 11 が直列回路に接続され、実施例 1 と同様に誘導性負荷 10 の蓄積エネルギーによる循環電流は急速に減衰する。この後減算回路 19 の差分電流値が 0 となって比較器 23 の出力がオフからオンに立ち上がると、この立ち上がりによりタイミング検出回路 24 はリセットされて出力をオンし、スイッチング素子  $SW_2$  をオン駆動する。

10 【0054】（実施例 6）本実施例は、実施例 5 に於ける比較器 21、23、タイミング検出回路 24 の代わりに、図 12 に示すようにタイマ回路 28、パルス検出回路 29 を設け、パルス検出回路 29 の出力でスイッチング素子  $SW_2$  を制御する点で実施例 5 と相違する。

【0055】而して本実施例では、実施例 5 と同様に指令値 1 と、電流検出センサ 16 の検出電流値との差分電流値に対応するレベルの信号を減算回路 19 で得、この減算回路 19 から出力される出力信号のレベルと、発振器 25 の三角波の信号とを PWM 信号発生器 26 で比較して図 13（a）に示す PWM 信号  $P_1$  を得て、駆動回路 27 を通じてスイッチング素子  $SW_1$  をオン、オフすることにより誘導性負荷 10 に供給する電流を制御する。

【0056】一方 PWM 信号発生器 26 から出力される PWM 信号  $P_1$  はタイマ回路 28、パルス検出回路 29 に入力され、タイマ回路 28 は図 13（b）に示すよう PWM 信号  $P_1$  の立ち下がりでセットされて限時動作を開始する。パルス検出回路 29 は PWM 信号  $P_1$  の立ち上がりを検出するとタイマ回路 28 にリセット信号  $RS$  を与えタイマ回路 28 の動作をリセットし、またタイマ回路 28 からタイマ出力  $T_1$  が与えられると、スイッチング素子  $SW_2$  をオンする信号  $K_1$  をオフするようになっている。

【0057】従って PWM 信号  $P_1$  が連続パルスとして出力され、スイッチング素子  $SW_1$  がオン、オフを継続している動作状態では PWM 信号  $P_1$  の立ち下がりから立ち上がり迄の時間がタイマ回路 28 の限時設定時間  $T$  より小さく、タイマ回路 28 はタイマ出力  $T_1$  を出力しない。つまり上記動作状態では、スイッチング素子  $SW_2$  はオン状態にある。

【0058】次に指令値 1 が、電流検出センサ 16 の検出電流値より小さくなって PWM 信号発生器 5 から PWM 信号  $P_1$  が出力されなくなり、スイッチング素子  $SW_1$  がオフ状態となると、PWM 信号  $P_1$  が最後に立ち上がったから次の PWM 信号  $P_1$  の立ち上がり迄の時間はタイマ回路 28 の限時設定時間  $T$  を越えるため、タイマ回路 28 はタイマ出力  $T_1$  をパルス検出回路 29 に出力する。パルス検出回路 29 はタイマ出力  $T_1$  の入力に応じて図 13（c）に示すように信号  $K_1$  をオフする。

50 【0059】このオフにより誘導性負荷 10 にはインピ

一ダンス素子11が直列回路に接続され、実施例5と同様に誘導性負荷10の蓄積エネルギーによる循環電流は急速に減衰する。この後減算回路19の差分電流値が0か正側となってPWM信号発生器5からPWM信号P<sub>1</sub>が再び出力されると、最初のパルスの立ち上がりでパルス検出回路29からタイマ回路28をリセットするリセット信号RSが発生し、タイマ回路28はリセットされる。そのためタイマ出力T<sub>1</sub>がオフし、パルス検出回路29は信号K<sub>1</sub>をオンしてスイッチング素子SW<sub>2</sub>をオン状態に戻す。

【0060】このような動作を繰り返すことにより、スイッチング素子SW<sub>1</sub>がオフ状態になった時に、誘導性負荷10にインピーダンス素子11を直列に接続して誘導性負荷10の蓄積エネルギーによる循環電流を急速に減衰させ、電流応答性を向上させることができるのである。

(実施例7) 本実施例は、図14に示すように実施例4と同様に誘導性負荷10に、同じ巻数で且つ逆方向に巻いた誘導性負荷18を直列に接続することにより、スイッチング素子SW<sub>1</sub>のオフ時に流れる循環電流を減衰させるようにしたものであって、スイッチング素子SW<sub>1</sub>、SW<sub>2</sub>の制御を行う回路は実施例5に準ずる回路を用いているが、誘導性負荷10の発生磁束を検出するホール素子40と、このホール素子40の検出出力から磁束の方向及び磁束量を検出する磁束検出回路33と、この磁束検出回路33の検出値と予め設定してある設定値32とを比較する比較器31とを設け、この比較器31の比較出力をタイミング検出回路30に与えてこの比較出力によってもスイッチング素子SW<sub>2</sub>を制御するようにした点で実施例5と異なるものである。

【0061】本実施例の動作を図15に示す波形図に基づいて説明する。まず図15(a)に示す指令値1が減算回路19が与えられると、減算回路19では図15

(b)に示す電流検出センサ16の検出電流値との減算を行ない、その差分電流値に対応したレベルの信号を図15(c)に示すように出力する。差分電流値が0以上ある場合にはPWM信号発生器26からPWM信号が発生し、このPWM信号により、駆動回路27を通じてスイッチング素子SW<sub>1</sub>をオン、オフ駆動する。このオン、オフ駆動期間中に誘導性負荷10に発生する磁束量は図15(f)に示すようになり、そのホール素子40の検出出力は図15(i)の磁束領域Aのように正となる。

【0062】さて差分電流値に対応する減算回路19の出力信号のレベルは設定値20、22と比較器21、23で夫々比較され、設定値20を差分電流値が越えろと、比較器21は図15(d)に示すように出力PAをオンし、設定値22を差分電流値が越えろと、比較器21は図15(e)に示すように出力RSをオフする。つまり指令値1が電流検出センサ16の検出電流値より小

さくなると、減算回路19の出力が負になり、PWM信号発生器5がオフとなってスイッチング素子SW<sub>1</sub>がオフとなる。この時比較器21の出力がオンし、比較器23の出力がオフし、比較器21の出力の立ち上がりでタイミング検出回路24はセット状態となり、スイッチング素子SW<sub>2</sub>の駆動信号K<sub>2</sub>をオフする内部信号を図15(k)に示すようにオンして、図15(l)に示すように駆動信号K<sub>2</sub>をオフする。

【0063】このオフにより誘導性負荷10の蓄積エネルギーによる電流は直列に接続された誘導性負荷18に図15(g)に示すように流れ込み、誘導性負荷10とは逆向きの磁界(図15(h)は誘導性負荷18に発生する磁界の磁束密度を示す)となる。この誘導性負荷18によって発生した磁界によって今まで流れていた電流とは逆向きの電流が流れ込み、互いに相殺しあって、オフ時の、I<sub>1</sub>→I<sub>3</sub>→I<sub>4</sub>の循環電流が減衰し、電流応答性が良くなる。誘導性負荷10の蓄積エネルギーによる循環電流は急速に減衰する。

【0064】さて誘導性負荷18によって発生した磁界により、ホール素子40は誘導性負荷10の磁界による磁束領域Aの磁束量と、誘導性負荷18の磁界による磁束領域Bの磁束量との差分の磁束を磁束領域Bの磁束を検出することになり、その出力は負となる。この負の出力が設定値32を下回ると、比較器31の出力PBが図15(j)に示すようにオンとなる。この出力PBが入力するとタイミング検出回路30は駆動信号K<sub>2</sub>を図15(l)に示すようにオンして、誘導性負荷10の発生磁束を制御し、且つ同巻数で且つ巻方向が反対の誘導性負荷18の影響で再度誘導性負荷10の吸引現象を抑える。そしてこの誘導性負荷10によって発生した磁界によって今まで流れていた電流の向きと反対の電流が流れることになって、互いに相殺しあってスイッチング素子SW<sub>1</sub>のオフ時に流れる循環電流をより一層早く減衰させる。そしてホール素子40の検出出力が設定値32より再び上回ると、比較器31の出力PBがオフとなる。このオフによりタイミング検出回路30から出力される駆動信号K<sub>2</sub>は再びオフし、スイッチング素子SW<sub>1</sub>はオフすることになる。その後減算回路19の差分電流値が0となって比較器23の出力がオフからオンに立ち上がると、この立ち上がりによりタイミング検出回路24はリセットされて駆動信号K<sub>2</sub>をオンし、スイッチング素子SW<sub>2</sub>をオン駆動する。

【0065】(実施例8) 本実施例は図16に示すように電磁石からなる誘導性負荷10の駆動装置にかかるもので、制御部44には指令値1と、電流帰還回路2を介して入力する電流検出センサ16からの検出電流値との差分電流値を求める減算回路19と、この減算回路19から出力される差分電流値と設定値6とを比較する比較器7と、300KHzの三角波を発振出力する発振器4と、この発振器4からの三角波と減算回路19から出力

される差分電流値とを比較してPWM信号を出力するPWM信号発生器5とを備えており、パワー部45に設けたMOSFETからなるスイッチング素子SW<sub>1</sub>、SW<sub>2</sub>の駆動回路8、9に対して光絶縁素子43、42を介してPWM信号発生器5のPWM信号、比較器7の出力を夫々入力するようになっている。

【0066】而して本実施例では、+60Vの直流電源14が投入されて動作を開始し、指令値1より電流検出センサ16の検出電流値、つまり誘導性負荷10に流れる電流値との差分電流値が減算回路19で求められ、この減算回路19から出力する差分電流値が0以上の場合には対応するレベルの信号に応じてPWM信号がPWM信号発生器5より出力され、光絶縁素子43と駆動回路8とを介してスイッチング素子SW<sub>1</sub>をオン、オフ駆動する。

【0067】一方比較器7では設定値6を減算回路19で求めた差分電流値が越えている場合には、比較出力をオンして光絶縁素子42、駆動回路9を介してスイッチング素子SW<sub>2</sub>をオン駆動する。このような動作により誘導性負荷10に対して指令値1に対応する電流を流す。

【0068】次に減算回路9において指令値1が検出電流値以下となった時には差分電流値が負となるため、PWM信号発生器5はPWM信号の出力をオフし、このオフ状態によってスイッチング素子SW<sub>1</sub>はオフとなる。一方比較器7においても比較出力がオフとなり、スイッチング素子SW<sub>2</sub>もオフとなる。従って誘導性負荷10の蓄積エネルギーが電流検出センサ16の検出コイル35、インピーダンス素子11、ダイオード12を通じて循環し、ダイオード12のオン電圧まで継続するが、誘導性負荷10にインピーダンス素子11が直列回路に接続され回路時定数が小さくなっているため、その時の電流は急峻に減衰することになる。つまり誘導性負荷10の応答性が向上することになる。

【0069】尚本実施例では電流検出センサ16に図2に示す構成のものを用いた光絶縁素子42、43を用いて制御部44とパワー部45とを電気的に絶縁するためにパワー部47のノイズが制御部44に混入するのを防止でき、制御を安定させることができる。

(実施例9) 図17は本実施例の回路を示しており、本実施例では、直流電源114のプラス極とグラウンド115(マイナス極)との間にダイオード146、第2のスイッチング素子SW<sub>102</sub>、電流検出センサ116の検出コイル135、誘導性負荷110、ダイオード147、第1のスイッチング素子SW<sub>101</sub>の直列回路を接続し、ダイオード112にはダイオード146、第2のスイッチング素子SW<sub>102</sub>、電流検出センサ116の検出コイル135、誘導性負荷110の直列回路を並列に接続し、またダイオード149には電流検出センサ116の検出コイル135、誘導性負荷110、ダイオード14

7、第1のスイッチング素子SW<sub>101</sub>の直列回路を並列に接続してある。ダイオード147とスイッチング素子SW<sub>101</sub>との直列回路にはサージ吸収用のダイオード148を逆並列接続してある。

【0070】電流検出センサ116によって検出された負荷電流値SIG2は比較器103に入力され、誘導性負荷110に流す目標供給電流の指令値101と比較される。比較器103はこの比較に基づいて誘導性負荷110に流す電流値に対応する偏差信号SIG1を出力する。この偏差信号SIG1は、発振器104から出力される三角波とPWM信号発生器105で比較されてPWM信号からなる駆動パルスSIG3に変換される。このPWM信号からなる駆動パルスSIG3は電流駆動用の駆動回路108を通じてスイッチング素子SW<sub>101</sub>に与えられ、このスイッチング素子SW<sub>101</sub>のオン、オフにより直流電源114からパルス状の負荷電流が誘導性負荷110に流れる。

【0071】スイッチング素子SW<sub>102</sub>は誘導性負荷110に流れる負荷電流を回路内で循環させている状態から直流電源114に回生させるか又は負荷電流を直流電源114に回生させている状態から回路内を循環させる状態に切り換えるためのスイッチであり、そのオン、オフは指令値101の出力信号、或いは比較器103の出力である偏差信号SIG1或いはPWM信号発生器105から出力される駆動パルスSIG3のうちの少なくとも一つ以上の信号を用いて回生信号発生器150によって決定される信号を基に駆動回路109を通して制御される。

【0072】次に本実施例における電流の流れる経路を図18を基に説明する。図18(a)は初期状態を示しており、この状態ではスイッチング素子SW<sub>101</sub>、SW<sub>102</sub>が共にオフ状態であるので電流は流れていない。スイッチング素子SW<sub>101</sub>、SW<sub>102</sub>が共にオンすると図18(b)の状態となり、この時電流は直流電源114→ダイオード146→スイッチング素子SW<sub>102</sub>→電流検出センサ116の検出コイル135→誘導性負荷110→ダイオード147→スイッチング素子SW<sub>101</sub>→直流電源114の経路で流れる。図18(b)の状態からスイッチング素子SW<sub>101</sub>がオフし、スイッチング素子SW<sub>102</sub>がオン状態のままとすると、誘導性負荷電流は図18(c)のように誘導性負荷110→ダイオード112→ダイオード146→スイッチング素子SW<sub>102</sub>→電流検出センサ116の検出コイル135の経路で流れ、回路内で徐々に減衰しながら循環することになる。同様に図18(b)の状態からスイッチング素子SW<sub>101</sub>、SW<sub>102</sub>を共にオフすると、誘導性負荷電流は図18(d)のように誘導性負荷110→ダイオード112→直流電源114→ダイオード149→電流検出センサ116の検出コイル135の経路で流れ、電流は直流電源114に回生し、負荷電流は急激に減衰することにな



る。

【0073】つまり本実施例は、図18(b)の状態、即ち誘導性負荷110に電流を流している状態から、図18(c)のように供給されていた直流電源114を切り、負荷電流を回路内で循環させる状態に、或いは図18(d)のように電流を直流電源114に回生させる状態へ、あるタイミングでどちらか一方に切り換える制御と、図18(d)のように電流を電源に回生させる状態にあったものを、図18(b)のように電流を流す状態或いは図18(c)の様に負荷電流を回路内で循環させる状態へ、あるタイミングでどちらか一方に切り換える制御とを行なう誘導性負荷制御装置を提供する。

【0074】(実施例10) 本実施例は図17の回路を基本的回路に用いたものであるが、スイッチング素子SW<sub>102</sub>の切り換えタイミングを次のように設定した点で特徴がある。つまり図19(a)に示すように指令値101をI<sub>a</sub>からI<sub>b</sub>に減少させる時、図18(c)の状態のままでは負荷電流は図19(b)に示すように指令値101に対して徐々に減少していく。そこで本実施例では図19(a)に示す指令値101と負荷電流値SIG2との差分である図19(c)に示す偏差信号SIG1を比較器103から取り込み、この偏差信号SIG1と予め設定しておいた比較値L<sub>a</sub>とを比較し、偏差信号SIG1が比較値L<sub>a</sub>を越えた時に、図19(d)に示すようにスイッチング素子SW<sub>102</sub>をオフ状態とし、負荷電流を直流電源114に回生させて、急減に負荷電流を減少させる。図19(e)はスイッチング素子SW<sub>102</sub>を上記のタイミングでオフさせた図18(d)の状態における負荷電流を示す。そして、偏差信号SIG1が再び比較値以下となった時に、スイッチング素子SW<sub>102</sub>をオン状態に戻し、負荷電流を回路内で循環させる状態にする。これにより、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性負荷110の制御性が向上する。

【0075】尚本実施例では図17に示す回生信号発生器150内に図20に示すように偏差信号SIG1と比較値L<sub>a</sub>とを比較する比較器151を備えている。

(実施例11) 本実施例は図17の回路を基本的回路に用いた点では実施例10と同じであるが、スイッチング素子SW<sub>102</sub>の切換タイミングを次のように設定した点で特徴がある。

【0076】つまり図21(a)に示すように指令値101をI<sub>a</sub>からI<sub>b</sub>に減少させる時、図18(c)の状態のままでは負荷電流は上述したように指令値101に対して徐々に減少していく。そこで本実施例では、指令値101の微分信号が急減に変化することを利用する。つまり指令値101を微分してその微分信号を図21

(b)のように得て、その微分信号を予め設定してある比較値L<sub>b</sub>とを比較し、比較値L<sub>b</sub>を微分値が越えた(下回った)時、図21(b)に示すようにスイッチン

グ素子SW<sub>102</sub>をオフ状態とし、負荷電流を直流電源114に回生させて、急減に負荷電流を減少させる。図21(d)は上述のタイミングでスイッチング素子SW<sub>102</sub>をオフして図18(d)の状態に切り換えた時の負荷電流を示す。そして、微分信号が予め設定してある比較値L<sub>c</sub>よりも大きくなった時に、スイッチング素子SW<sub>102</sub>をオン状態に戻し、負荷電流を直流電源114に回生させている状態にあったものを、誘導性負荷110に電源電圧を印加し、電流を流す状態にする。これにより、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性負荷110の制御性が向上する。また指令値101を微分する微分回路を用いるので、実施例9で述べた方法よりも高速にスイッチング素子の動作タイミングを検知することが可能となる。

【0077】尚本実施例では図17に示す回生信号発生器150内に図22に示すように上記の微分信号を得るための微分器152と、微分信号と比較値L<sub>b</sub>、L<sub>c</sub>とを比較する比較器153を備えている。

(実施例12) 本実施例は図17の回路を基本的回路に用いた点では実施例10、11と同じであるが、スイッチング素子SW<sub>102</sub>の切換タイミングを次のように設定した点で特徴がある。

【0078】つまり図23(a)に示すように指令値101をI<sub>a</sub>からI<sub>b</sub>に減少させる時、図18(c)の状態のままでは負荷電流は上述したように指令値101に対して徐々に減少していく。そこで本実施例では、指令値101と図23(b)に示す偏差信号SIG1を図23(c)に示すように得て、その偏差信号SIG1から図23(d)に示す微分信号を得て、この微分信号が急激に変化するのを利用して切換タイミングを設定する。微分信号は予め設定してある比較値L<sub>b</sub>'を越えた(下回った)時、図23(e)に示すようにスイッチング素子SW<sub>102</sub>をオフ状態とし、負荷電流を直流電源114に回生させて、急減に負荷電流を減少させる。図23

(f)は上述のタイミングでスイッチング素子SW<sub>102</sub>をオフして図18(d)の状態に切り換えた時の負荷電流を示す。そして、微分信号が予め設定してある比較値L<sub>c</sub>'よりも大きくなった時に、スイッチング素子SW<sub>102</sub>をオン状態に戻し、負荷電流を直流電源114に回生させている状態にあったものを、誘導性負荷110に電源電圧を印加し、電流を流す状態にする。これにより、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性負荷110の制御性が向上する。また実施例11では指令値101の微分値だけを切換タイミングの判断材料としていたが、実際の負荷電流を見てタイミングを図っているため信頼性が向上する。

【0079】尚本実施例では図17に示す回生信号発生器150内に図24に示すように偏差信号SIGから微分信号を得るための微分器152'と、微分信号と比較値L<sub>b</sub>'、L<sub>c</sub>'とを比較する比較器153'を備えて



いる。

【実施例 13】本実施例は図 17 の回路を基本的回路に用いた点では実施例 10～12 と同じであるが、スイッチング素子 SW102 の切換タイミングを次のように設定した点で特徴がある。

【0080】つまり電流を減少させたい時、PWM 信号発生器 105 で生成されるスイッチング素子 SW101 を動作させるための駆動パルス SIG3 はオフ状態になるが、図 18 (c) の状態のままでは負荷電流は上述したように指令値 101 に対して徐々に減少していく。そこで本実施例では、図 25 (a) に示す駆動パルス SIG3 の内最終駆動パルス Pe の立ち下がり時刻から一定時間経過 T しても次の駆動パルス Pf が来ない時に、図 25 (b) に示すようにスイッチング素子 SW102 をオフ状態とし、負荷電流を直流電源 114 に回生させて、急減に負荷電流を減少させる。その後、次の駆動パルス Pf がやって来た時に、スイッチング素子 SW102 をオン状態に戻し、負荷電流を直流電源 114 に回生させている状態にあったものを、誘導性負荷 110 に電源電圧を印加し、電流を流す状態にする。これにより、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性負荷 110 の制御性が向上する。以上のような本実施例によれば、デジタル信号で判断しているためノイズに強く、信頼性が向上する。

【0081】尚本実施例では図 17 に示す回生信号発生器 150 内に図 26 に示すように最終駆動パルス Pe の立ち下がりから次の駆動パルス Pf が一定時間 T 内に来るかどうかの判断を行なうためにタイマ回路 154 と、PWM 信号発生回路 105 からの出力信号たる駆動パルス SIG3 の立ち下がりを検出し、同時にタイマ回路 154 をリセットして動作させるパルス検出回路 155 とを備え、最終駆動パルス Pe の立ち下がり時から計時動作を開始したタイマ回路 154 が予め設定した設定値 T を計時するまでに次の駆動パルス Pf に対応する SIG3 の立ち下がりが検出されないときにパルス検出回路 155 は駆動回路 109 を通じてスイッチング素子 SW102 をオフさせるようになっている。

【0082】（実施例 14）実施例 13 ではスイッチング素子 SW102 を切り換えるタイミングが最終駆動パルス Pe の立ち下がりから次の駆動パルス Pf が一定時間 T 内に来なかった場合に、スイッチング素子 SW102 を動作させていたが、本実施例では図 27 (a) に示すように一定時間 T を発振器 104 の出力である基準周波数の 1 周期と限定する。この基準周波数の 1 周期と限定することで、駆動パルスのパルス幅が変わらない場合、最短時間で電流の減少し始める時間を検知することが可能となる。図 27 (b) はスイッチング素子 SW102 のスイッチング状態を示す。

【0083】尚本実施例の構成は回生信号発生器 150 内にタイマ回路 154 と、パルス検出回路 155 とを図

28 に示すように設けた点で実施例 13 と変わらないが、上記の一定時間 T を発振器 104 の出力である基準周波数の 1 周期（三角波周期）に設定する点異なる。

【実施例 15】本実施例は図 29 に示すように駆動パルス SIG3 の周期  $T_0$  が一定であるが、パルスの幅が変化する。このパルスの幅が変化する時、常時駆動パルスの立ち下がり間の時間 T を測定し、図 30 (a) に示す最終駆動パルス Pe の立ち下がりの時刻から測定した前回（一番新しい）パルスの立ち下がり時間 T が経過しても次の駆動パルス Pf が来ない時にスイッチング素子 SW102 を図 30 (b) に示すようにオフ状態にさせるのである。

【0084】尚本実施例の構成は基本的には実施例 13 に準ずるものとし、図 31 に示すように上記駆動パルス SIG3 の立ち下がり間の時間 T を測定する周期測定回路 156 を設けてある。周期測定回路 156 はスイッチング周波数よりも高い周波数を持つクロック回路 157 を備えており、パルス検出回路 155 が駆動パルス SIG3 の立ち下がりを検出するとリセットされて動作を開始し、駆動パルス SIG3 の立ち下がり間の周期を測定し、その周期をタイマ回路 154 に設定する。

【0085】パルス検出回路 155 は次の駆動パルス SIG3 の立ち下がりまでの時間がタイマ回路 154 にセットされた値となった時、スイッチング素子 SW102 をオフさせるタイミングとする。本実施例の特徴は駆動パルス SIG3 の立ち下がり間の周期を計測しているので、実施例 14 に比べて高速にスイッチング素子 SW102 をオフするタイミングを検知することができる点にある。

【0086】（実施例 16）本実施例は、スイッチング素子 SW102 の動作するタイミングをさらに向上させるものであって、本実施例ではスイッチング素子 SW102 がオンからオフになる切換タイミングは微分信号のレベルで判断し、またスイッチング素子 SW102 がオフからオンになるタイミングを実施例 10 で述べた偏差信号 SIG1 のレベルで判断するようにしたもので、図 32

(a) に示す指令値 101 を微分して、その微分信号を、この微分信号が予め設定してある比較値  $L_b$  を越えた時に図 32 (e) に示すようにスイッチング素子 SW102 をオンからオフ状態に切り換える。一方図 32

(a) に示す指令値 101 と図 32 (c) に示す負荷電流値 SIG2 との偏差信号 SIG1 を図 32 (d) に示すように得て、その偏差信号 SIG1 が予め設定してある比較値  $L_a$  を越えた時に図 32 (e) に示すようにスイッチング素子 SW102 をオフからオン状態に切り換える。

【0087】このようにすることにより、本実施例ではスイッチング素子 SW102 のオンからオフへの切り換えは微分信号を用いる特徴が生かされ、逆にオフからオンへの切り換えは差分信号を用いる特徴が生かされてス

ッチング素子SW102の動作するタイミングを実施例10、11に比べて向上させることができた。尚本実施例では、図33に示すように指令値101を微分する微分器158と、得られた微分信号を比較値Lbと比較する比較器159bと、偏差信号SIG1と比較値Laとを比較する比較器159aと、両比較器159a、159bの出力を選択して駆動回路109へ出力する選択回路160とを図17に示す回生信号発生器150内に設けてある。

#### 【0088】

【発明の効果】請求項1の発明は、負荷電流を供給する電源と、誘導性負荷に直列に接続されて誘導性負荷に流れる負荷電流を検出する電流検出手段と、所定の供給電流値を得るための指令値と電流検出手段の検出電流値とを比較する比較手段と、この比較手段の比較により指令値が検出電流値より小さい時に検出電流を小さくする駆動手段とを備え、この駆動手段を制御するので、誘導性負荷への電流供給をオフさせた時に誘導性負荷の蓄積エネルギーの放出により流れる負荷電流を抑えることができ、そのため誘導性負荷の電流応答性を高めることができ、その結果指令値に対する供給電流の追従制御が可能となり、単一方向駆動での誘導性負荷を高速アナログ制御することが実現できるという効果がある。

【0089】請求項2の発明は、誘導性負荷に流れる負荷電流を上記誘導性負荷に直列に接続したスイッチング手段のスイッチングをPWM制御して負荷電流を定電流駆動する定電流駆動手段を備えたので、電力損失を小さくして発熱を抑えた負荷電流の制御が可能となるという効果がある。請求項3の発明は、上記電流検出手段に、上記誘導性負荷に直列に接続した検出コイルと、この検出コイルに負荷電流の大きさに応じて発生する磁束量を電気信号に変換するホール素子とを備えた電流検出センサを用いたので、誘導性負荷の電流路に抵抗が入らず、そのため発熱による電流路の抵抗値変化等が起きず、安定した負荷電流検出が行えるという効果がある。

【0090】請求項4の発明は、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子と、このインピーダンス素子と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、このスイッチング手段を制御して上記誘導性負荷の電流路の回路時定数を変化させるものであり、また請求項5の発明は、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続した抵抗器と、この抵抗器と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、このスイッチング手段を制御して上記誘導性負荷の電流路の回路時定数を変化させるものであるから、誘導性負荷への電流供給のオフ時に蓄積エネルギーの放出で流れる電流を回路時定数を小さくすることにより急速に減衰させて電流応答性を高めることができるという効果がある。

【0091】請求項6の発明は、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と同一巻数で且つ巻方向が反対で、上記誘導

性負荷に直列に接続した別の誘導性負荷と、この別の誘導性負荷と並列に接続したスイッチング手段とで構成され、このスイッチング手段を制御して両誘導性負荷にて発生する磁束量を変化させるものであるから、誘導性負荷への電流供給をオフさせた時に、誘導性負荷の磁束を別の誘導性負荷の磁束で打ち消し、誘導性負荷の蓄積エネルギーの放出による負荷電流を急速に減衰させて電流応答性を高めることができるという効果がある。

【0092】請求項7の発明は、上記駆動手段を、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子と、このインピーダンス素子と並列に接続したスイッチング手段とで構成し、上記比較手段の比較により求められる指令値と検出電流値との差分電流値の大きさに基づいて上記スイッチング手段を制御するものであり、請求項8の発明は、上記誘導性負荷に直列接続された第1のスイッチング手段と、上記比較手段にて取り出された指令値と検出電流値との差分電流値の大きさに応じて第1のスイッチング手段のスイッチングを制御して負荷電流を定電流とする定電流駆動用の駆動パルスを連続的に発生する手段とからなる定電流駆動手段を備えるとともに、上記誘導性負荷と直列に接続したインピーダンス素子と、このインピーダンス素子と並列に接続した第2のスイッチング手段とで構成した上記駆動手段を備え、第2のスイッチング手段を上記定電流駆動用の駆動パルスが連続的に発生している間はオンし、上記定電流駆動用の駆動パルスの終端より所定時間を越えて次の定電流駆動用の駆動パルスの発生が無ければオフさせるものであるから、請求項4と同様な効果がある。

【0093】請求項9の発明は、請求項1の発明において、上記誘導性負荷の磁束方向、磁束密度を測定する手段を備えるとともに、上記誘導性負荷と同一巻数で且つ巻方向が反対で、上記誘導性負荷に直列に接続した別の誘導性負荷と、この別の誘導性負荷と並列に接続したスイッチング手段とで構成された上記駆動手段を備え、上記磁束方向、磁束密度を測定する手段の測定値に基づいて上記スイッチング手段を制御するものであるから、請求項6と同様な効果がある。

【0094】請求項10の発明は、請求項2の発明において、上記誘導性負荷に印加されていた電圧を遮断し、回路内で電流を循環させる手段と、誘導性負荷に蓄えられた電氣的エネルギーを入力電源に回生させる手段とを備え、負荷電流を減少させるタイミングで電流を回路内で循環させていた状態から入力電源に回生させる状態へと切り換える制御と、該制御により負荷電流が電流指令値以下となったタイミングで、電流を上記入力電源に回生させる状態から回路内で循環させる状態或いは上記誘導性負荷に電圧を供給させ電流を流す状態へと切り換える制御とを行なうので、また請求項11の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信

号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうので、更に請求項17は、請求項10の発明において、上記スイッチング素子をスイッチングするために与える定電流駆動用の駆動パルスがオフ状態からオン状態に変化した時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から上記誘導性負荷に電圧を印加して負荷電流を流す状態若しくは回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうので、又更に請求項18の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうので、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上するという効果がある。

【0095】請求項12の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうので、また請求項19の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうので、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上するのは勿論のこと、急激に変化する微分信号によってより高速にスイッチング手段の動作タイミングを検知することができるという効果がある。請求項13の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうので、また請求項20の発明は、請求項10の発明において、上記誘導性負荷に対して与える電流指令値と上記誘導性負荷に流れる負荷電流との差分信号の微分信号が設定比較値を越えた時に負荷電流を上記入力電源に回生させている状態から回路内で負荷電流を循環させる状態へと切り換える制御を行なうから、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上するのは勿論のこと、急激に変化する微分信号によってより高速にスイッチング手段の動作タイミングを検知することができ、その上実際の負荷電流を見てスイッチング手段の切り換えのタイミングを実際の負荷電流のタイミングを判断することになり、信頼性が向上するという効果がある。

【0096】請求項14の発明は、請求項10の発明において、上記スイッチング手段をスイッチングするため

に与える定電流駆動用の駆動パルスが一定時間オフ状態になった時に、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうので、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上するのは勿論のこと、デジタル信号を扱うことになってノイズに強く信頼性を向上することができるという効果がある。

【0097】請求項15の発明は、請求項14の発明において、上記駆動パルスが、最終の駆動パルスからPWM基準三角波の1周期を過ぎてもオフ状態である時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうので、また請求項16の発明は、請求項14の発明において、上記駆動パルスの立ち下がり間の時間を計測し、最終の駆動パルスの立ち下がりからその最終駆動パルスの立ち下がり間隔時間を過ぎてもオフ状態である時、上記誘導性負荷に流れる負荷電流を回路内で循環させていた状態から上記入力電源に回生させる状態へと切り換える制御を行なうので、脈動の少ない指令値通りの負荷電流が得られ、誘導性の制御性が向上するのは勿論のこと、デジタル信号を扱うことになってノイズに強く信頼性を向上することができ、その上最短時間で電流の減少し始める時間を検知することが可能となるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の回路構成図である。

【図2】同上に用いる電流検出センサの回路構成図である。

【図3】本発明の実施例2の要部の回路構成図である。

【図4】同上の動作説明用フローチャートである。

【図5】本発明の実施例3の要部の回路構成図である。

【図6】同上の抵抗器制御の有無による誘導性負荷の電流応答性の比較説明図である。

【図7】本発明の実施例4の要部の回路構成図である。

【図8】同上の動作説明用タイミングチャートである。

【図9】同上の動作説明用フローチャートである。

【図10】本発明の実施例5の回路構成図である。

【図11】同上の動作説明用タイミングチャートである。

【図12】本発明の実施例6の回路構成図である。

【図13】同上の動作説明用タイミングチャートである。

【図14】本発明の実施例7の回路構成図である。

【図15】同上の動作説明用タイミングチャートである。

【図16】本発明の実施例8の回路構成図である。

【図17】本発明の実施例9の回路構成図である。

【図18】同上における電流経路の説明図である。

【図19】本発明の実施例10の動作説明用タイミング

チャートである。

【図 20】 同上の回生信号発生器 150 内の回路構成図である。

【図 21】 本発明の実施例 11 の動作説明用タイミングチャートである。

【図 22】 同上の回生信号発生器 150 内の回路構成図である。

【図 23】 本発明の実施例 12 の動作説明用タイミングチャートである。

【図 24】 同上の回生信号発生器 150 内の回路構成図 10 である。

【図 25】 本発明の実施例 13 の動作説明用タイミングチャートである。

【図 26】 同上の回生信号発生器 150 内の回路構成図である。

【図 27】 本発明の実施例 14 の動作説明用タイミングチャートである。

【図 28】 同上の回生信号発生器 150 内の回路構成図である。

【図 29】 本発明の実施例 15 における駆動パルスの周 20 期の説明図である。

【図 30】 同上の動作説明用タイミングチャートである。

【図 31】 同上の回生信号発生器 150 内の回路構成図である。

【図 32】 本発明の実施例 16 の動作説明用タイミングチャートである。

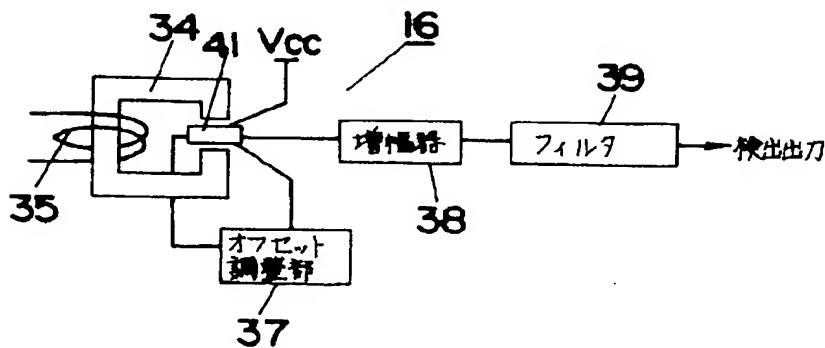
【図 33】 同上の回生信号発生器 150 内の回路構成図である。

【図 34】 従来例の問題点の説明図である。

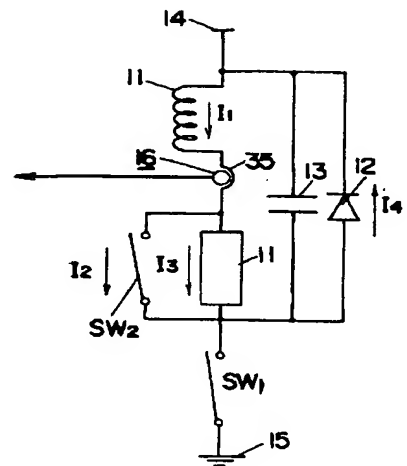
【符号の説明】

1	指令値
2	電流帰還回路
3	電流比較器
4	発振器
5	PWM信号発生器
6	設定値
7	比較器
8	駆動回路
9	駆動回路
10	誘導性負荷
11	インピーダンス素子
12	ダイオード
13	コンデンサ
14	直流電源
15	グランド
16	電流検出センサ
35	検出コイル
SW1	スイッチング素子
SW2	スイッチング素子

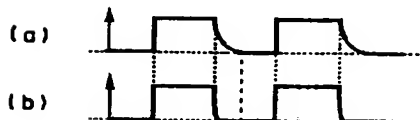
【図 2】



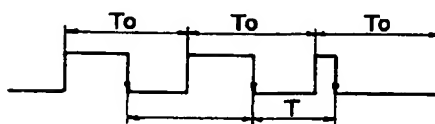
【図 3】



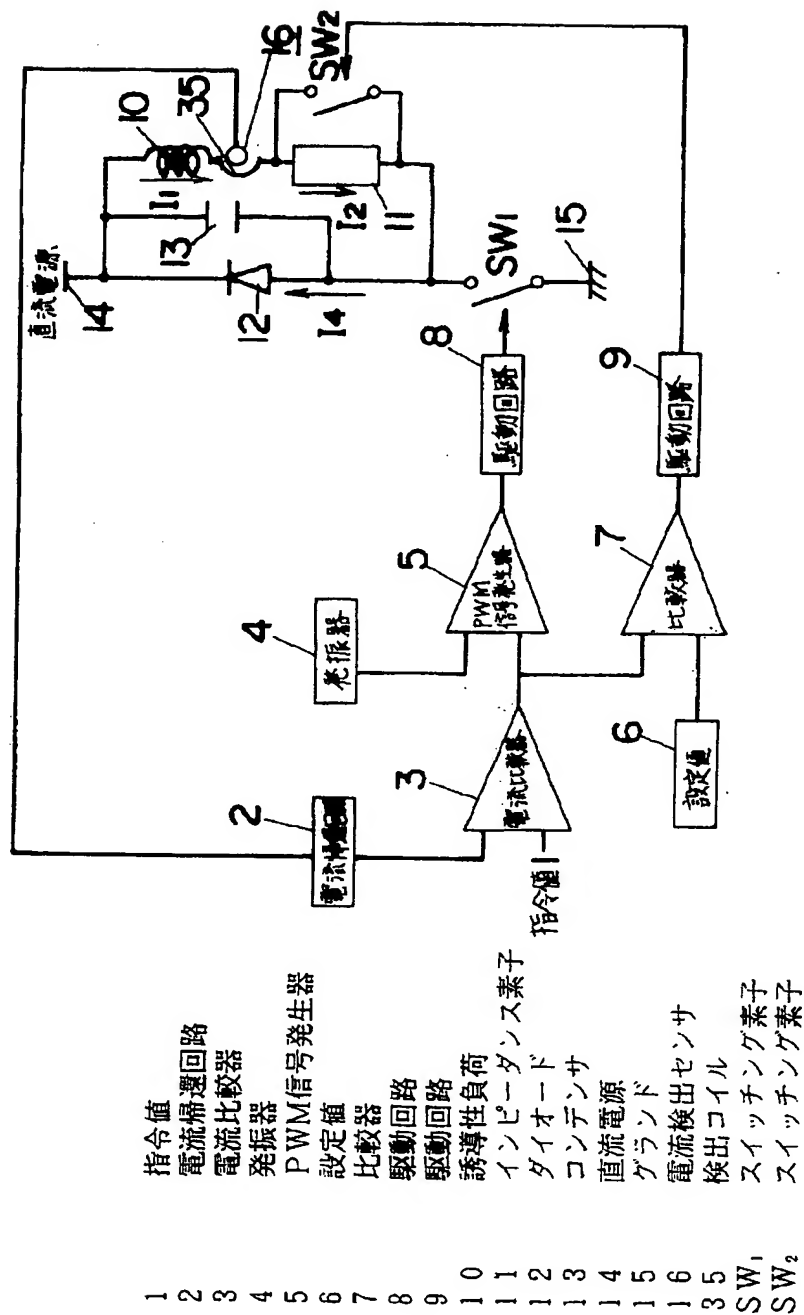
【図 6】



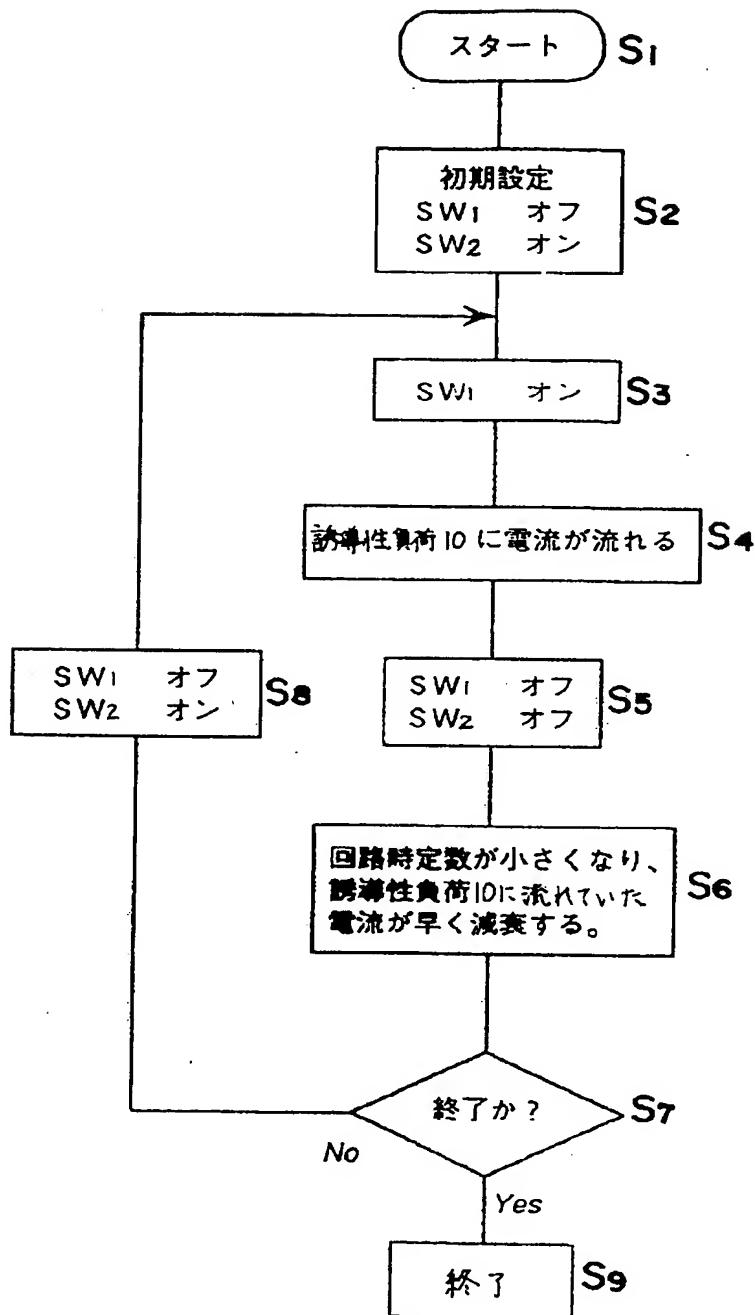
【図 29】



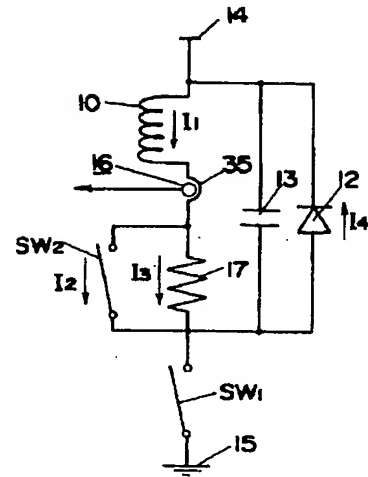
【図1】



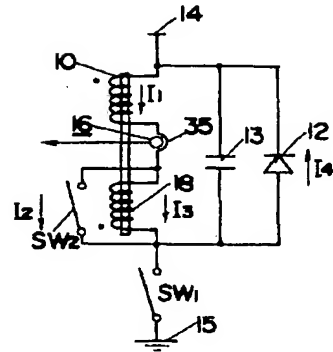
【図 4】



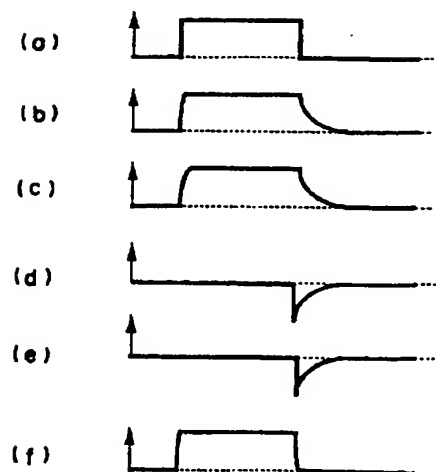
【図 5】



【図 7】

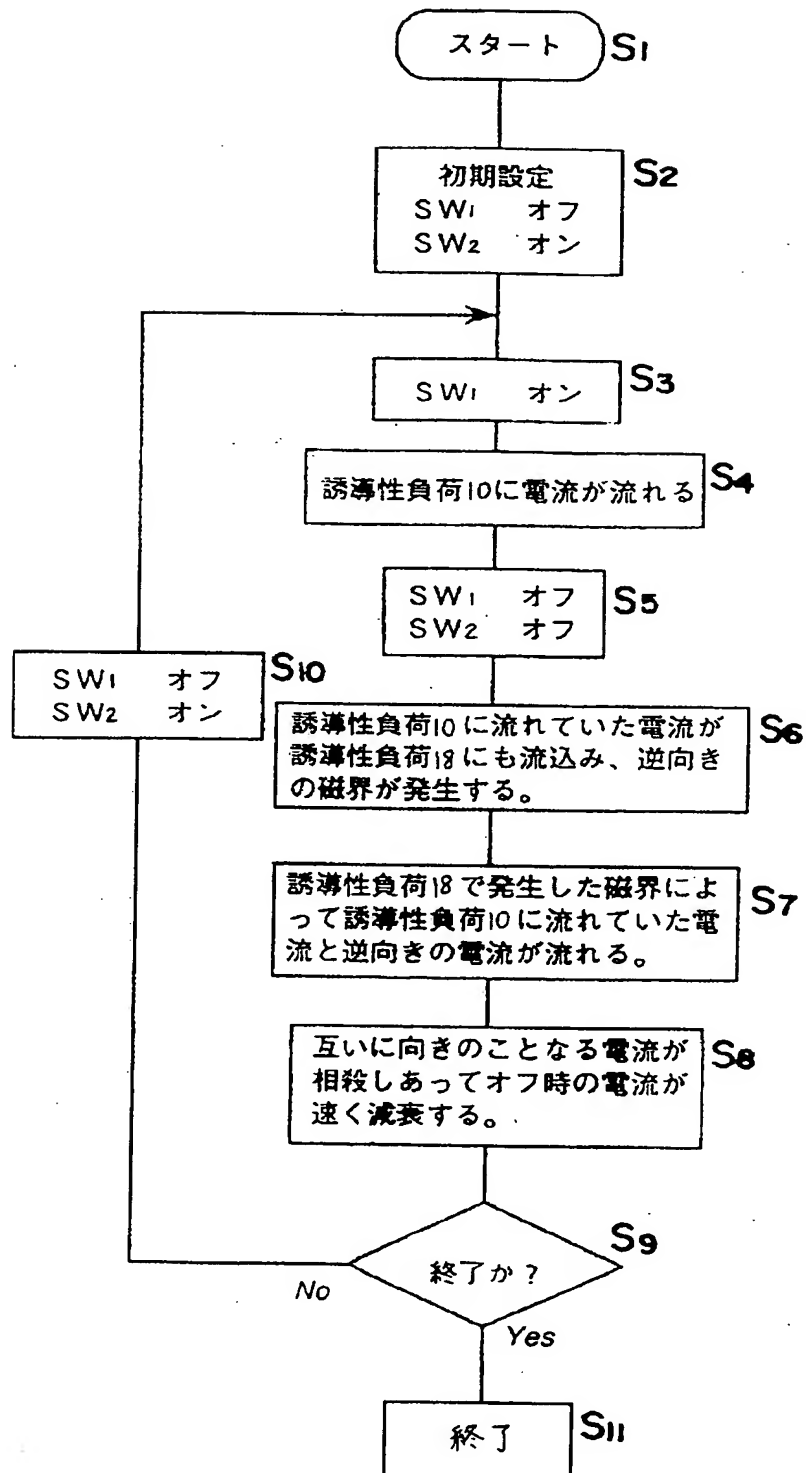


【図 8】



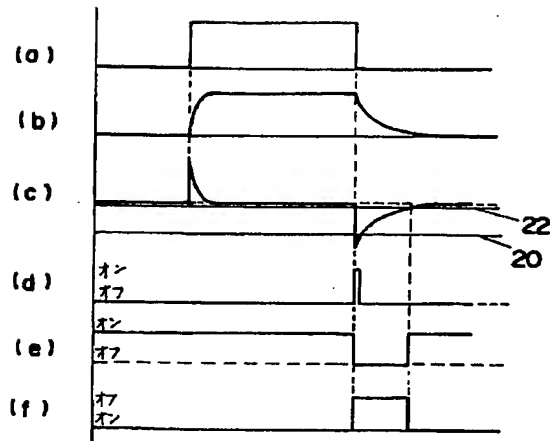


【図9】

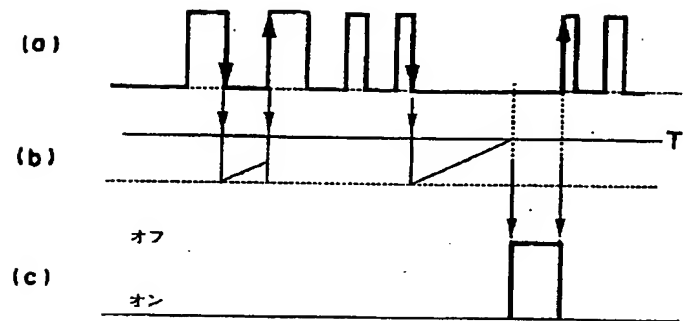




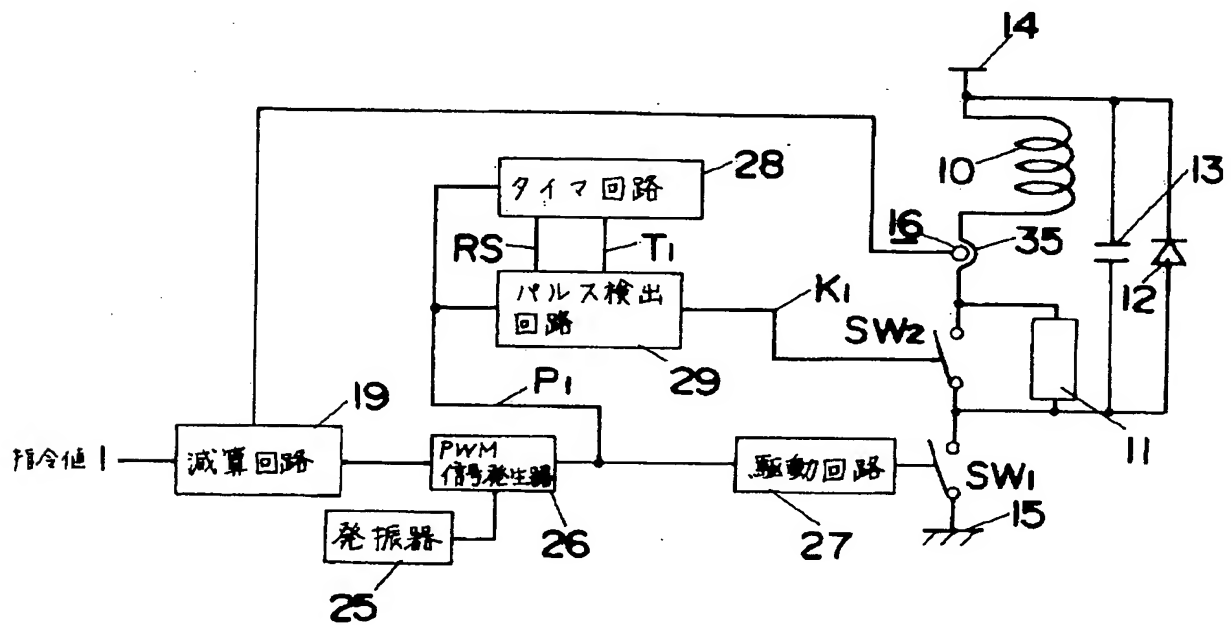
【図11】



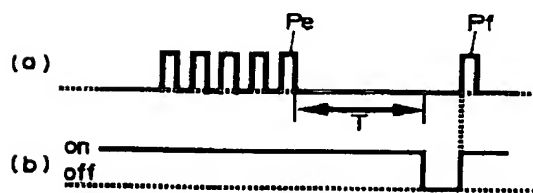
【図13】



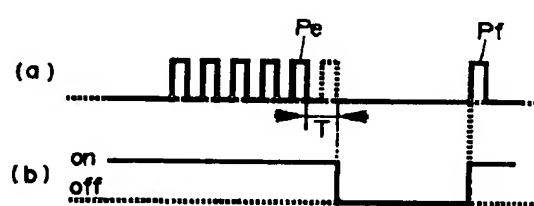
【図12】



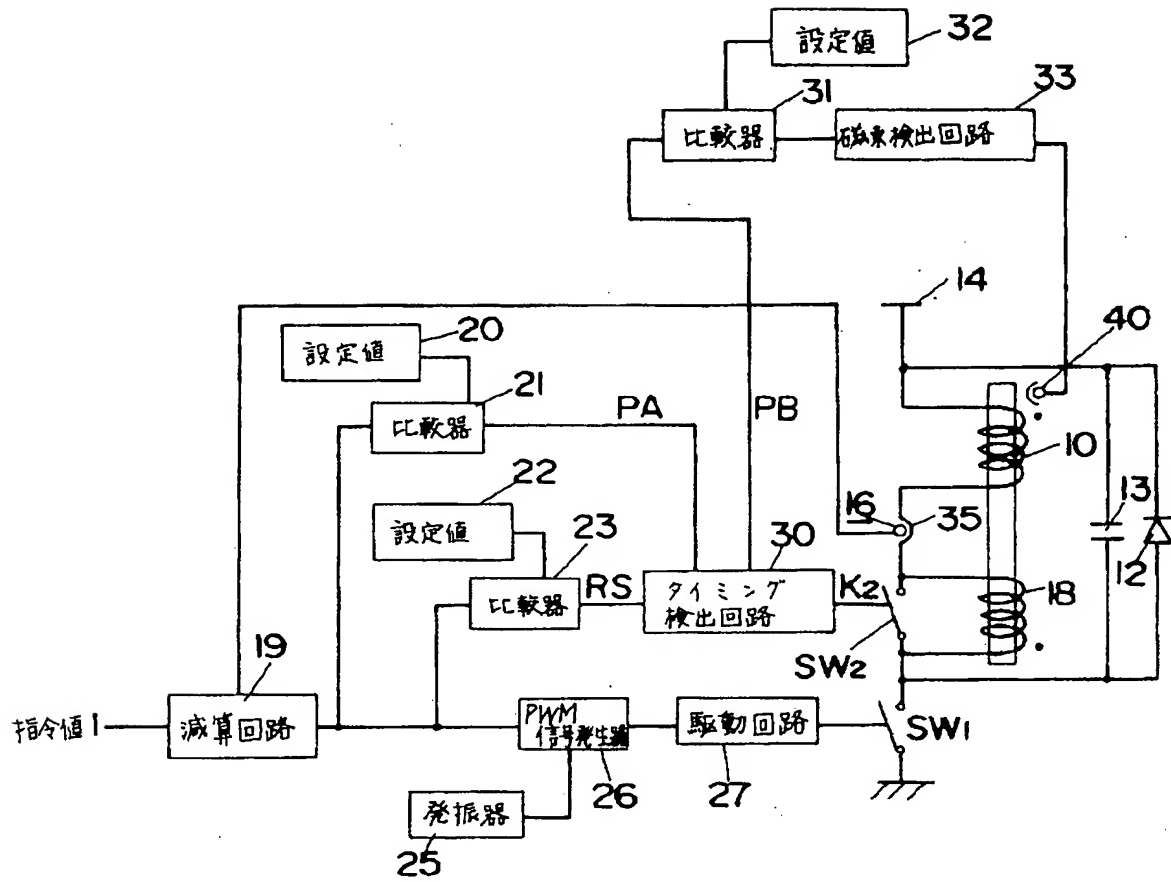
【図25】



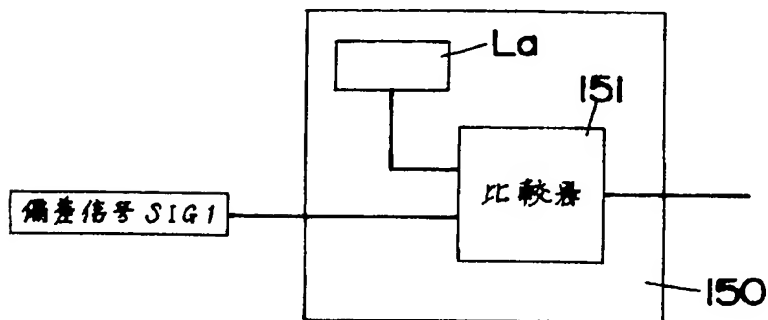
【図27】



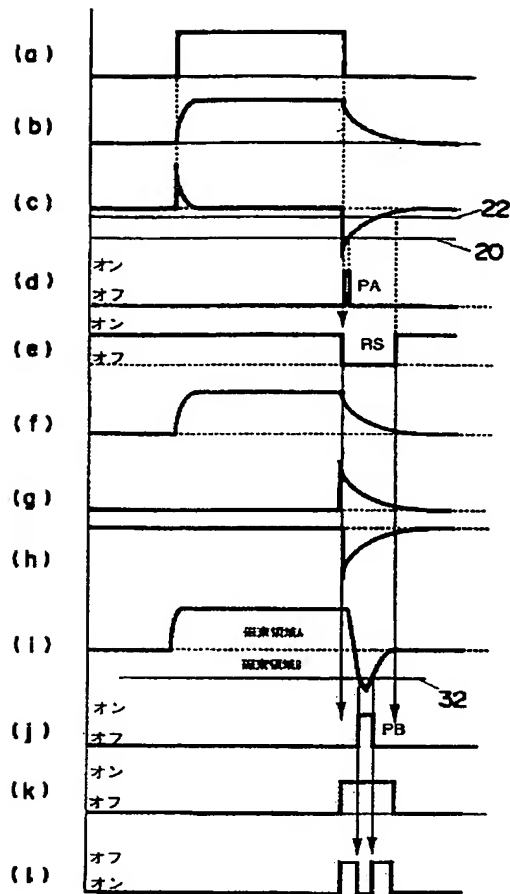
【图 14】



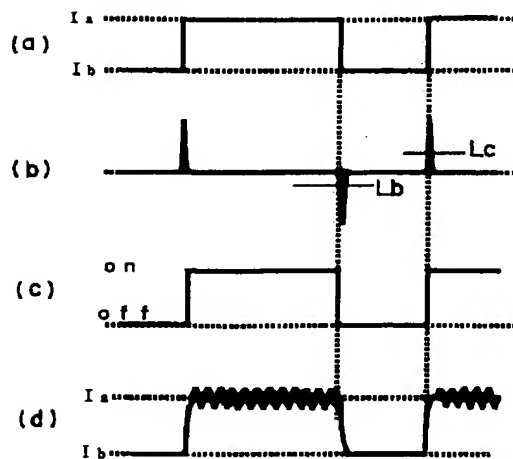
【図 20】



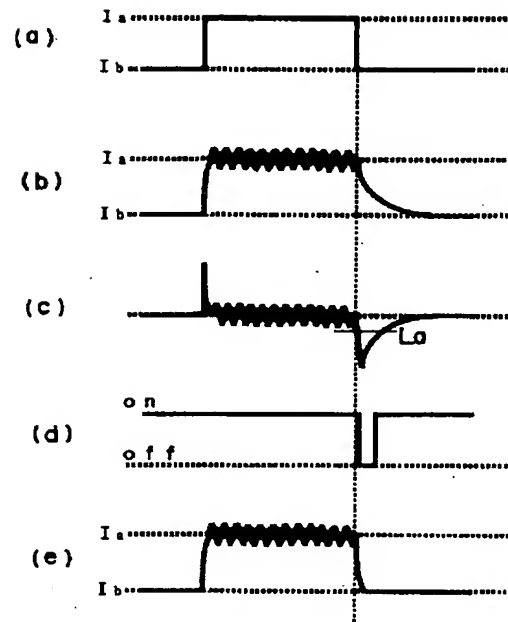
【図 15】



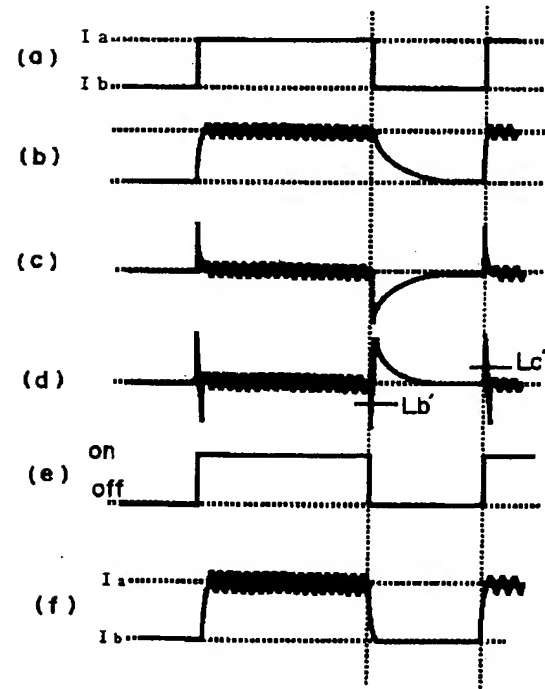
【図 21】



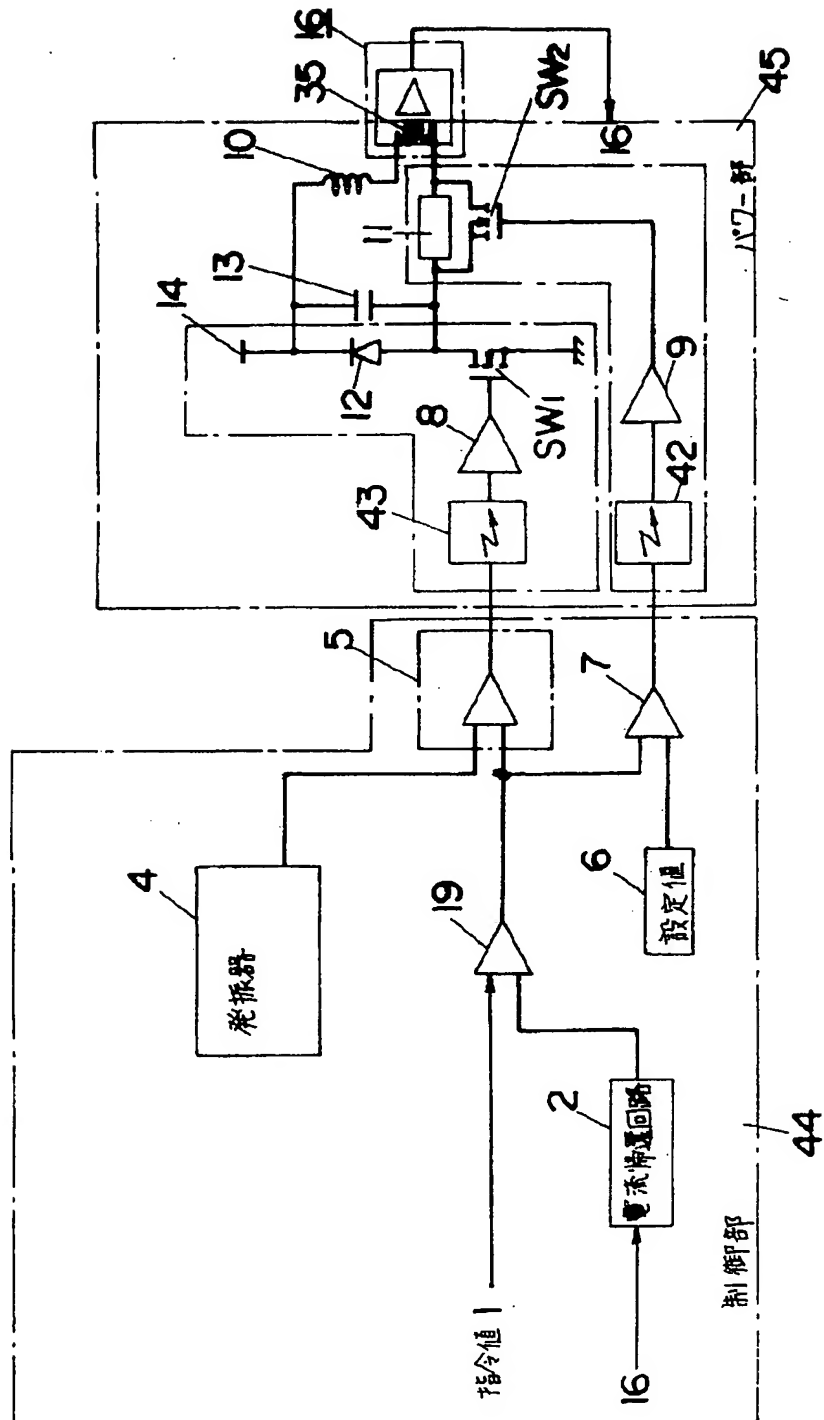
【図 19】



【図 23】

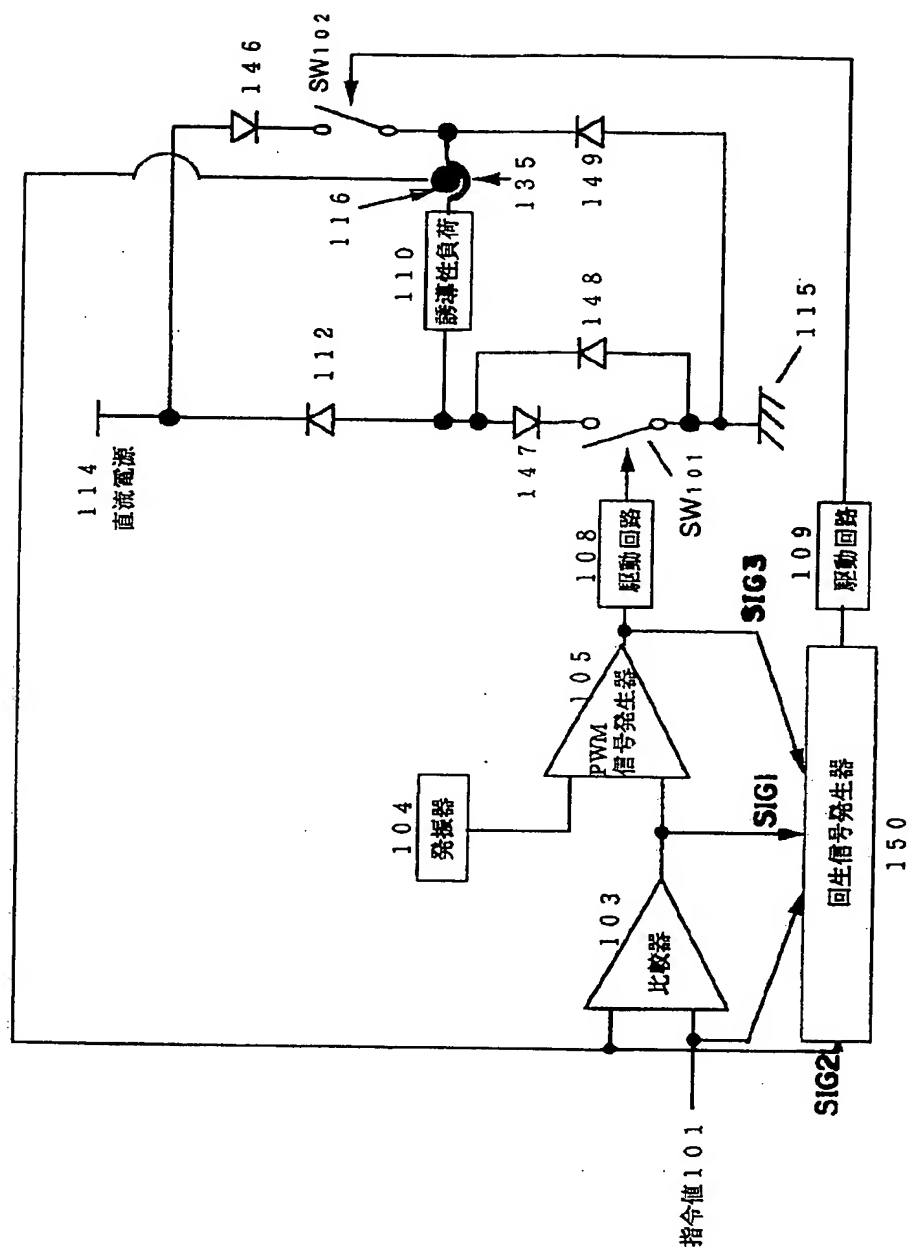


【図16】

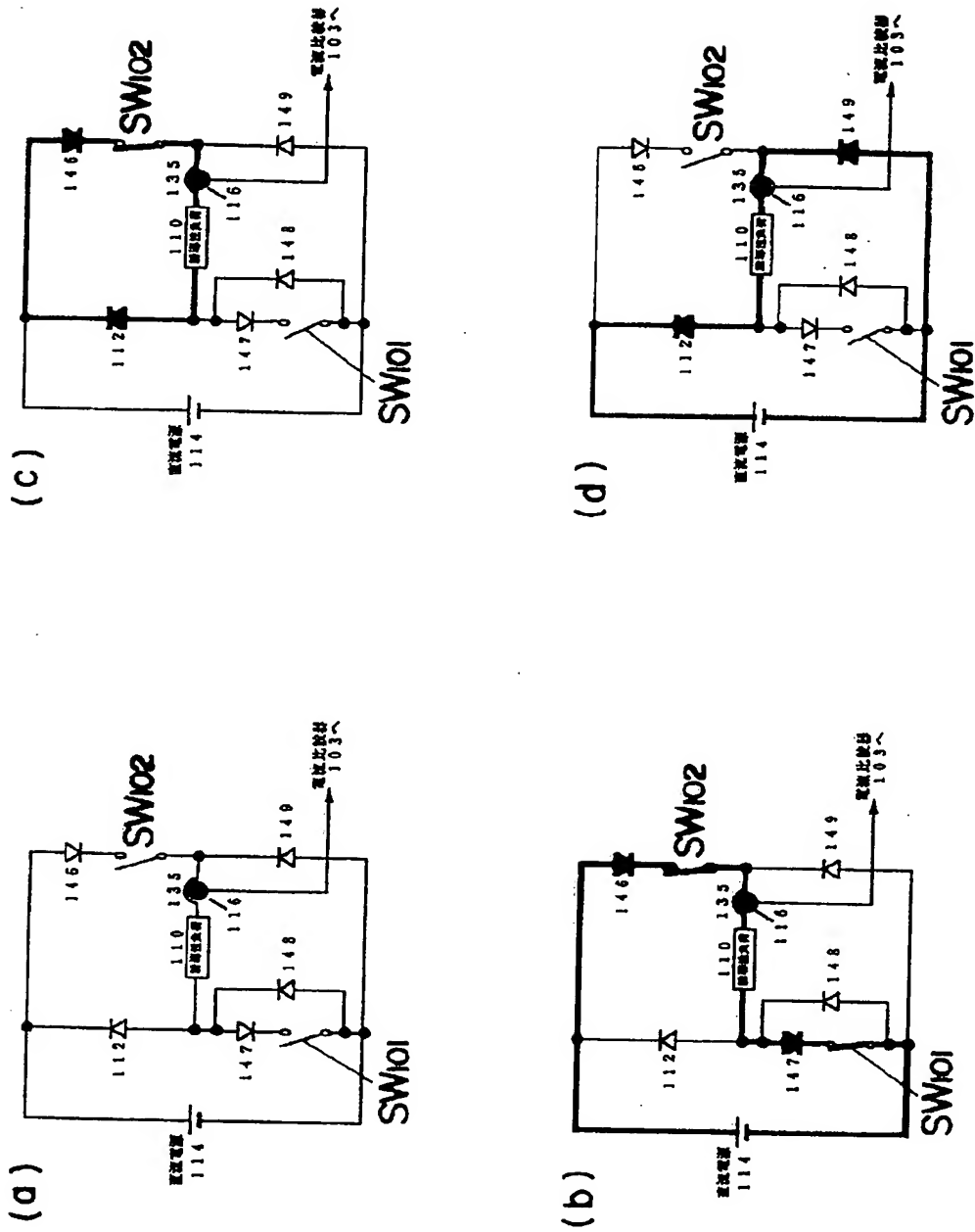




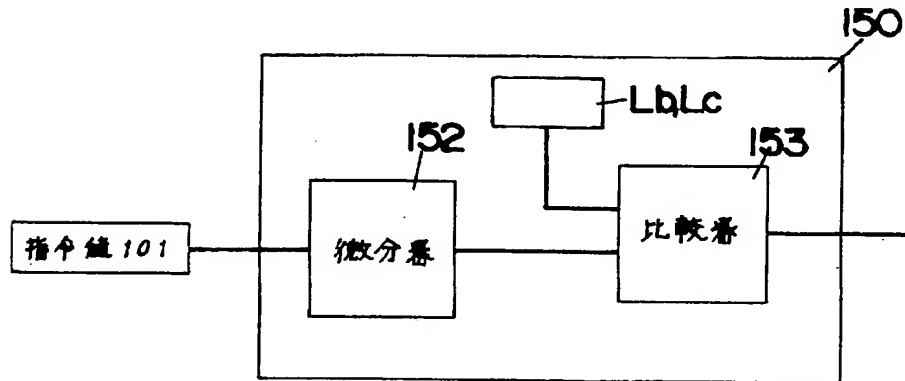
【図17】



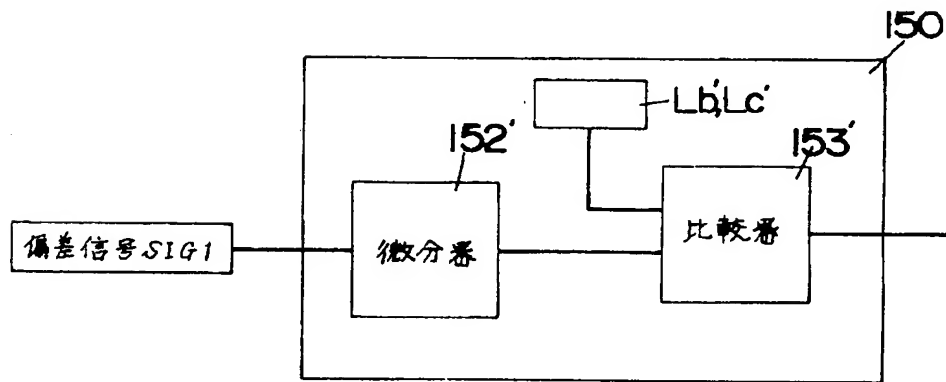
【図18】



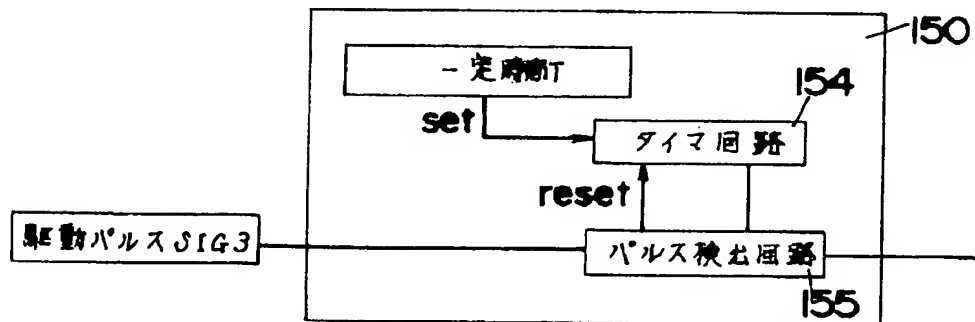
【図22】



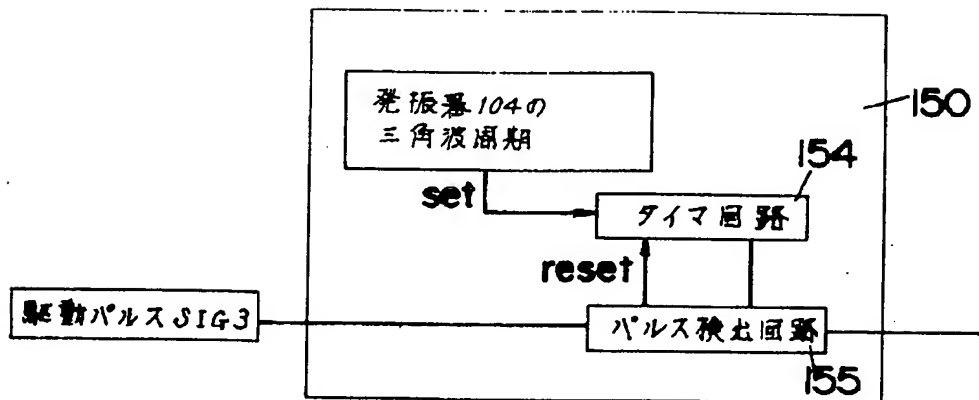
【図24】



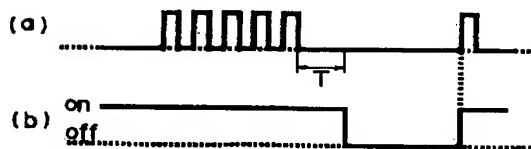
【図26】



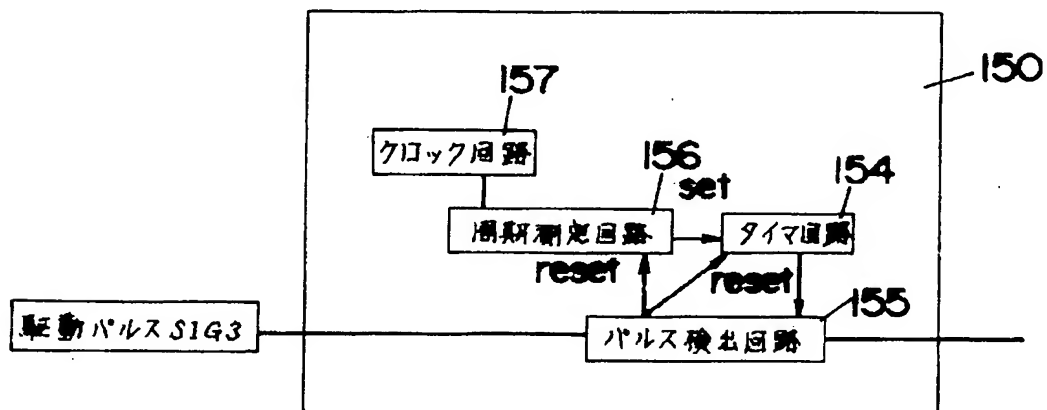
【図28】



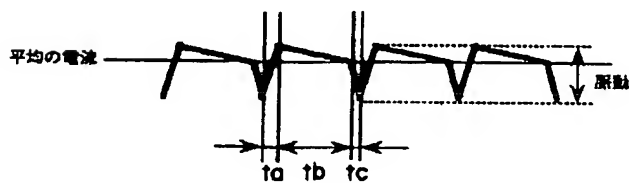
【図30】



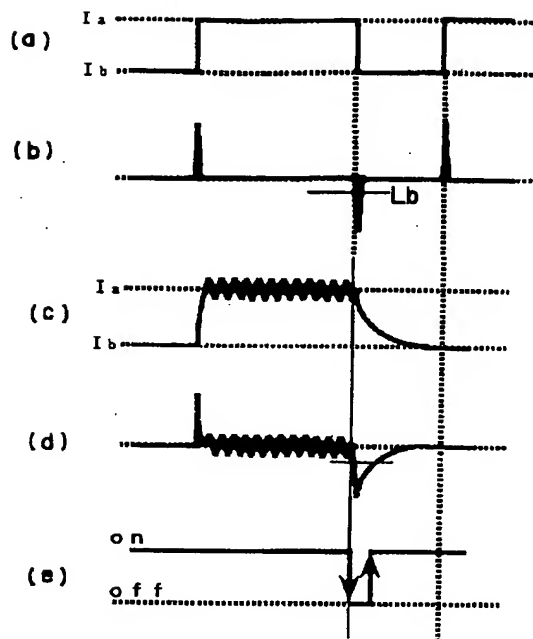
【図31】



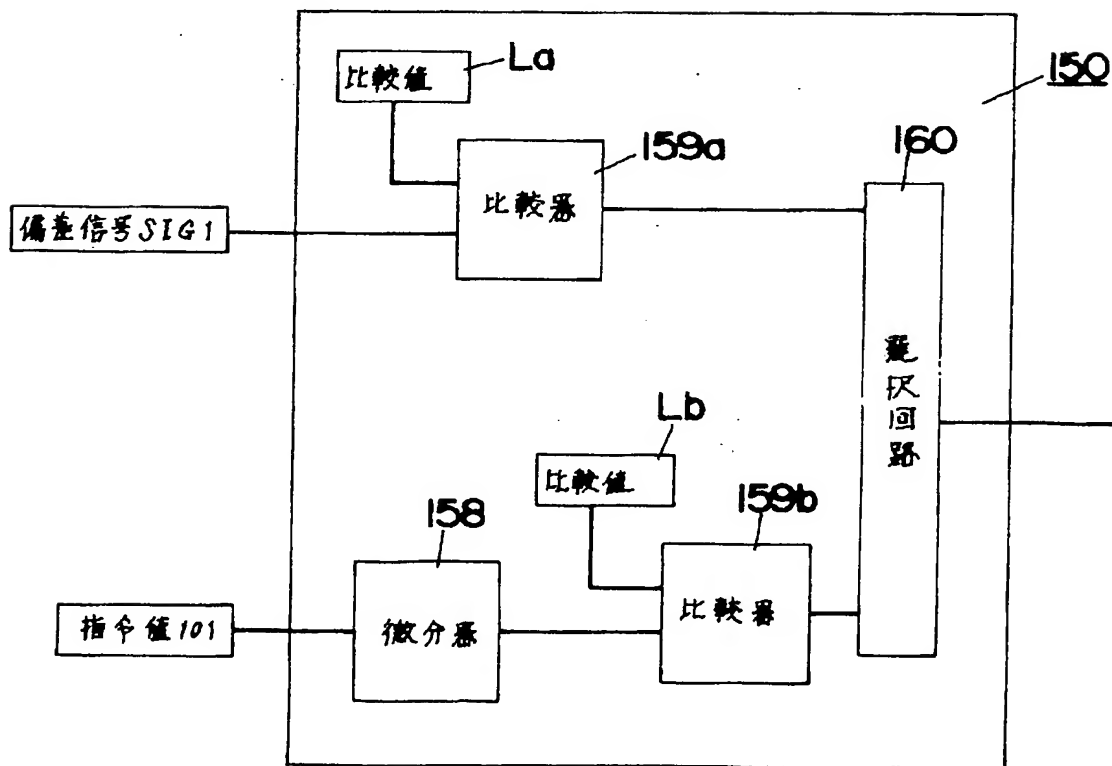
【図33】



【図32】



【図34】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

H 0 2 P 7/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

1 0 1 H 8625-5H